

# CORIOLIS

## Rapport d'activités 2019



© IRD

CORIOLIS

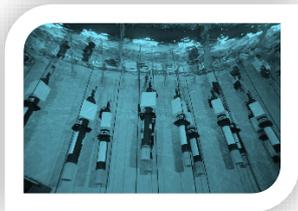
DOI:

May 2020



L'Europe s'engage  
en Bretagne / Avec le Fonds européen  
de développement régional





## TABLE DES MATIERES

<b>1. POINTS MARQUANTS 2019.....</b>	<b>6</b>
<b>2. moyens humains et financiers .....</b>	<b>8</b>
<b>3. ARGO FRANCE.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Équipes et programme .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Opérations à la mer : CODEP .....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Achats flotteurs .....	11
3.2.2 Composante T/S - NOSS.....	11
3.2.3 Composante T/S/O2.....	11
3.2.4 Deep .....	11
3.2.5 Composante BGC .....	12
<b>3.3 Activités Déploiements.....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Document de Stratégie nationale de déploiement.....	13
3.3.2 Monitoring de la flotte .....	13
<b>3.4 Gestion des données Argo .....</b>	<b>14</b>
3.4.1 DAC : centre de données des flotteurs Coriolis.....	14
3.4.2 GDAC : centre de données global des flotteurs Argo.....	17
3.4.3 Projets européens Argo-données .....	22
<b>3.5 Outils et produits .....</b>	<b>23</b>
3.5.1 ISAS SSS and ISAS O2.....	23
3.5.2 Nouvelle méthode DMQC basée sur l'Intelligence Artificielle.....	23
3.5.3 DMQC BGC .....	24
3.5.4 Trajectoires .....	24
3.5.5 Outils collaboratifs.....	25
3.5.6 Autres logiciels et produits .....	25
3.5.7 Ocean state report .....	25
<b>3.6 Recherche.....</b>	<b>26</b>
3.6.1 Publications marquantes .....	26
3.6.2 Faits marquants .....	26
<b>3.7 Coordination scientifique et animation.....</b>	<b>27</b>
<b>3.8 Annexe : Bibliographie Argo-France .....</b>	<b>28</b>
<b>4. CONTRIBUTION DU SNO SSS.....</b>	<b>38</b>
4.1 Acquisition.....	38
4.2 Contrôle qualité .....	39
4.3 Distribution des données.....	40
4.4 Valorisation scientifique.....	41
4.5 Références.....	41
<b>5. RESEAU PIRATA.....</b>	<b>44</b>
5.1 Campagne annuelle.....	44

5.2	<b>Statut du réseau PIRATA</b> .....	45
5.2.1	Le cas de la bouée située à 6°S-8°E au large du Congo .....	45
5.2.2	Taux de retour des données des mouillages.....	46
5.3	<b>Contributions au TAOS et collaborations internationales :</b> .....	47
5.4	<b>Traitement des données PIRATA</b> .....	48
5.5	<b>Bibliographie</b> .....	49
<b>6.</b>	<b>Réseau Bouées dérivantes</b> .....	<b>54</b>
6.1	<b>Bouées dérivantes Météo-France et E-SURFMAR</b> .....	54
6.2	<b>Projet TRUSTED : Towards fiducial Reference measUrements of Sea-surface Temperature by European Drifters</b> .....	54
6.3	<b>Composante « Moyens à la mer »</b> .....	56
6.4	<b>Composante « Centre de données »</b> .....	56
6.4.1	Données des bouées dérivantes.....	56
6.4.2	Données de courant .....	56
6.4.3	Projet C-RAID: Copernicus Reprocessing and Access Improvement for Drifter data 57	
6.5	<b>Composante « Moyens côtiers »</b> .....	57
6.5.1	Bouées ancrées.....	57
6.5.2	Houlographes .....	58
<b>7.</b>	<b>SERVICE D'OBSERVATIONS MEMO – MAMMIFERES MARINS</b> .....	<b>60</b>
7.1	<b>Nouvelle Balise CTD-Fluo-Lumière.</b> .....	60
7.2	<b>Test d'un nouveau capteur de salinité</b> .....	60
7.3	<b>Extension programmée du SNO-MEMO en Arctique</b> .....	61
7.4	<b>Déploiements effectués prévus à Kerguelen et en Argentine</b> .....	63
7.4.1	Post-mue.....	63
7.4.2	Post-reproduction.....	63
7.4.3	Autres déploiements réalisés en 2019 : .....	63
7.5	<b>Travaux prévus en lien avec la fonction observatoire.</b> .....	63
7.6	<b>Orientation scientifique.</b> .....	64
7.6.1	Formation d'eau dense Antarctique .....	65
7.6.2	Projet ERC-Synergy-Overturn .....	66
7.6.3	Moyens humains, financiers et institutionnels.....	66
7.6.4	Environnement institutionnel .....	67
7.7	<b>Références</b> .....	67
<b>8.</b>	<b>MESURES NAVIRES</b> .....	<b>70</b>
<b>9.</b>	<b>GLIDER</b> .....	<b>72</b>
9.1	<b>Evolution de l'équipe Gliders du Parc de la DT-INSU</b> .....	72
9.2	<b>Opérations à la mer</b> .....	72
9.3	<b>Gestion du parc instrumental</b> .....	73
9.4	<b>Communications</b> .....	74
<b>10.</b>	<b>Réseau marégraphique RONIM</b> .....	<b>76</b>

10.1	Management .....	76
10.2	Réseau RONIM.....	76
10.2.1	Développements.....	77
10.2.2	Nouvelles centrales.....	77
10.2.3	Base de données .....	77
10.2.4	Coordination REFMAR .....	77
10.2.5	Reconstruction des séries marégraphiques .....	78
10.3	Journées REFMAR .....	80
10.4	Communication, formations, coopération internationales.....	81
10.5	Jalons et prévisions. ....	82
<b>11.</b>	<b>Coriolis Volet Côtier .....</b>	<b>84</b>
11.1	Général / Projets.....	84
11.2	Systèmes d'observation .....	84
11.2.1	Réseau de mesure des états de mer CANDHIS.....	84
11.2.2	Bouées multi-instrumentées Météo-France .....	86
11.2.3	Réseau SNO COAST-HF (INSU/Universités/Ifremer) et bouées BOOTS (Shom) ...	87
11.2.4	Profils en milieu côtier : RECOPECA et Profileurs côtiers .....	88
11.3	Centre de données .....	89
11.3.1	Réseau de mesure des états de mer CANDHIS.....	89
11.4	Publications associées au volet côtier de Coriolis en 2019 .....	90
<b>12.</b>	<b>CORIOLIS - MOYENS A LA MER.....</b>	<b>92</b>
12.1	Les points forts de 2019.....	92
12.1.1	Les réalisations .....	92
12.1.2	Réalisations chiffrées 2019 .....	94
12.1.3	Synthèse des relations entre les différentes tâches et les réseaux concernés par ces tâches.....	95
<b>13.</b>	<b>Coriolis centre de données .....</b>	<b>96</b>
13.1	Indicateurs.....	96
13.2	Coriolis gestion de données .....	96
13.2.1	Principales sources de données.....	96
13.2.2	Histogramme des données .....	96
13.2.3	Cartes des données .....	97
13.2.4	Données BGC bio-geo-chimiques.....	99
13.2.5	Maintien en Conditions Opérationnelles du système, activité pilotée dans le processus Ifremer ISO9001 – P14 .....	99
13.2.6	Administration, service desk, activité pilotée dans le processus ISO9001 – P8	100
13.2.7	Activité projets européens .....	100
<b>14.</b>	<b>Activités de la cellule R&amp;D en lien avec les mesures de température et de salinité.....</b>	<b>104</b>
14.1	Adaptation et mise en place de la méthode Min/Max pour les produits NRT de CORIOLIS dans le cadre de CMEMS.....	104
14.2	Développement d'un jeu de données Easy CORA .....	105
14.3	Développement de métriques visant à qualification de la qualité du jeu de données .....	106

14.4	Activités de la cellule R&D en lien avec les extensions biogéochimiques de Coriolis .....	106
14.5	Les données 'ajustées' des thermosalinographes .....	107
14.6	Les données des profils de salinité de capteurs 'mammifères marins' .....	107
14.7	Données de courant .....	108
<b>12</b>	<b>ANNEXE COMPOSITION des comités.....</b>	<b>109</b>
14.8	Comité Directeur.....	109
14.9	Comité de Pilotage .....	109
12.1	Composante Coriolis-Données.....	109
14.10	Composante Moyens à la Mer .....	110
14.11	Composante R&D.....	110

## 1. POINTS MARQUANTS 2019

Les différentes composantes de Coriolis ont mis tout en œuvre pour maintenir et faire évoluer les services développés précédemment afin de garantir une continuité de services aux utilisateurs. Ces activités comprennent en particulier la MCO (Maintenance en Conditions Opérationnelles) des réseaux d'observations et des services transverses mis en place dans les trois composantes de Coriolis pour les activités Moyens à la mer, Centre de donnée et R&D. Le comité de pilotage Coriolis, en lien avec le comité directeur, s'est attaché à faire fonctionner la structure de gouvernance renforcée entre les composantes de Coriolis et les réseaux d'observations et en particulier à renforcer les axes transverses d'amélioration pouvant bénéficier à plusieurs réseaux.

2019 a été une année importante au niveau national avec :

- l'évaluation des différents services d'observation associés à Coriolis par la CSOA et leur relabellisation
- La structuration nationale dans le paysage de IR française avec le montage de l'IR OHIS complémentaire de l'IR ILLICO permettant de couvrir tout le périmètre de la Convention Coriolis,
- -les 50 ans des premières mesures de SSS à l'origine du SNO-SSS ainsi que l'extension du périmètre du SNO SSS au QC des TSG des navires de recherche français
- La mise en place d'un groupe de travail interorganisme qui rendra son rapport début 2020 et ayant pour missions :
  - Identifier le rôle que devrait jouer une future structure de coordination nationale sur l'observation des données, l'ensemble des composantes formées par les IRs (e.g. ILLICO, ARGO, EMSO et une future OHIS) et sur les centres de données (ODATIS)
  - Identifier le besoin de structures complémentaires et/ou des recommandations quant à l'évolution de ces IRs (par exemple le traitement en temps quasi-réel)
  - Analyser les aspects liés à l'intégration européenne (EOOS) et internationale (GOOS, OceanObs19)

2019 a été pour Coriolis une année riche en activités, tant au niveau français qu'au niveau européen :

- Fin du projet H2020 AtlantOS sur la structuration d'un réseau d'observations in situ pour l'Atlantique où la majorité des réseaux associés à Coriolis sont représentés. Les partenaires Coriolis ou en particulier ont contribué au Blueprint pour la stratégie à long terme.
- Fin du projet H2020 JERICO-next sur la structuration de l'observation côtière en Europe en lien avec le CPER ROEC et l'IR ILLICO en France et le montage de la proposition JERICO-S3 visant à la mise en place d'une infrastructure pérenne européenne.
- La deuxième année de la phase2 du Service Marin Copernicus où Coriolis pilote le centre thématique In Situ avec la consolidation des services physique et BGC, l'intégration des radars HF et des produits Carbone en lien avec ICOS-Océan. De nouveaux produits ont été inscrits au catalogue CMEMS (Carbone, Courant issu des radar HF) et de nouveaux OMI (Ocean monitoring Indicators) ont été mis en place
- En lien avec l'ERIC Euro-Argo hébergée par Ifremer, renforcement de la contribution européenne à Argo avec les déploiements européens, la consolidation des centres de traitement temps réels et temps différés dans le cadre du projet MOCCA, et consolidation d'un plan d'implémentation des extensions d'Argo pour Euro-Argo avec le démarrage du projet Euro-Argo-RISE piloté par l'ERIC Euro-Argo mais également pour la France avec la quatrième année du CPER Euro-ARGO (composante DEEP-Argo)
- Le démarrage du projet ENVRI-FAIR ayant pour action de consolider l'interopérabilité des infrastructures de données d'environnement et le lien avec EOSC (European Open Science Cloud). Ifremer et l'ERIC Euro-Argo pilote le WP Marin et l'interaction avec ODATIS est essentielle.

- Renforcement des liens avec la structure internationale de JCOMMOPS à Brest, hébergé par Ifremer, qui permet une collaboration renforcée avec Coriolis et les réseaux associés en particulier sur le suivi à la mer Argo et la structuration autour de GOSHIP et la mise en place du GDAC Drifter. JCOMMOPS est partenaire du projet Euro-Argo RISE et de EUROSEA apportant un support complémentaire à la structure de coordination
- Participation très active à la conférence OceanOBS19 avec la France étant les deuxième pays contributeurs après les USA .
- Une année également importante avec la soumission de nouveaux projets fin Janvier au call BG7a (Blue Cloud Services) et BG7b (EUROSEA) qui a été accepté et a démarré en Novembre 2019.

Ce rapport a été élaboré avec les coordinateurs des différents réseaux et des composantes de Coriolis :

- **ARGO ET BGC-ARGO** : Guillaume Maze/IFREMER (Argo) Nathanaële Lebreton/SHOM et Noé Poffa/Ifremer (maintenance réseau T/S) et Fabrizio D'Ortenzio/CNRS (BGC-Argo) ;
- **SALINITE DE SURFACE** : Gael Alory/CNAP ;
- **PIRATA** : Bernard Boulès/IRD ;
- **BOUEES ANCREES ET DERIVANTES** : Gilbert Emvizat/Météo-France ;
- **MAMMIFERES MARINS MEMO** : Christophe Guinet/CNRS ;
- **MESURES NAVIRES** : Loic Petit de la Villéon / avec le soutien du CENTRE COMMUN D'ETALONNAGE : Marc Le Menn/SHOM ;
- **GLIDER** : Jeanne Melkonian/CNRS ;
- **MAREGRAPHIE** : Vincent Donato/SHOM ;
- **RESEAUX HAUTE FREQUENCE COTIER** : Lucie Coquempot, Guillaume Charria/IFREMER ;
- **Composante Moyens à la Mer** : Nathanaele Lebreton/SHOM ;
- **Composante Données** Thierry Carval/IFREMER ;
- **Composante R&D** : Gilles Reverdin/CNRS.
- **Coordination** : Sylvie Pouliquen/ IFREMER et Gilles Reverdin/CNRS



POULIQUEN Sylvie  
Ifremer Centre Bretagne  
[sylvie.pouliquen@ifremer.fr](mailto:sylvie.pouliquen@ifremer.fr)



REVERDIN Gilles  
LOCEAN, Univ. Paris VI  
[gilles.reverdin@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:gilles.reverdin@locean-ipsl.upmc.fr)

## 2. MOYENS HUMAINS ET FINANCIERS

En 2019, la contribution des différents organismes aux réseaux et composantes de Coriolis est résumée dans le tableau ci-dessous. Elle correspond à un total de plus de 71 ETP (Equivalent Temps Plein) en comptant à la fois les personnels permanents et les personnels temporaires sur projets soit 6,5 ETP de plus qu'en 2018.

Organisme	Argo	Bouées	Glider	Pirata	Memo	SSS	côtier	Marégraphie	Transverse	Total
IFREMER	9,35	0,20	0,30	0,00	0,00	0,20	6,40	0,00	5,40	21,85
SHOM	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,2	12,10	4,80	18,90
CNRS-INSU	1,80	0,00	6,10	0,00	1,40	0,65	0,00	0,00	1,10	11,05
IRD	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00	3,80	0,00	0,00	0,20	9,20
Météo-France	0,00	2,5	0,00	0,05	0,00	0,00	5	0,00	0,2	7,75
IPEV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,15	0,20
CNES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10
CEREMA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50
<b>TOTAL</b>	<b>11,95</b>	<b>2,70</b>	<b>6,40</b>	<b>5,25</b>	<b>1,43</b>	<b>4,67</b>	<b>15,10</b>	<b>12,10</b>	<b>11,95</b>	<b>71,55</b>

Cette contribution est conforme aux engagements des organismes de la convention Coriolis 2014-2020 avec un delta positif de 14.7 ETP grâce aux personnels engagés sur projets en particulier sur les réseaux Argo, Pirata, Côtier et marégraphie.

Organisme	Argo	Bouées	Glider	Pirata	Memo	SSS	côtier	Marégraphie	Transverse	Total
IFREMER	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	3,50
SHOM	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,50	0,05	5,60
CNRS-INSU	-0,70	0,00	1,80	0,00	-0,60	0,65	0,00	0,00	0,35	1,50
IRD	-0,05	0,00	0,00	3,20	0,00	-0,50	0,00	0,00	-0,10	2,55
Météo-France	0,00	-1,20	0,00	0,05	0,00	0,00	1,50	0,00	-0,10	0,25
IPEV	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CNES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CEREMA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	1,30
<b>TOTAL</b>	<b>0,95</b>	<b>-1,20</b>	<b>1,80</b>	<b>3,25</b>	<b>-0,57</b>	<b>0,17</b>	<b>5,60</b>	<b>4,50</b>	<b>0,20</b>	<b>14,70</b>

La contribution financière des différents organismes (hors temps bateaux) aux réseaux et composante est résumée ci-dessous. Elle se chiffre à 4.47M€ pour l'année 2019.

Organisme	Argo	Bouées	Glider	Pirata	Memo	SSS	côtier	Marégraphie	Transverse	Total
IFREMER	1541	15	30	0	0	10	487	0	340	2423
SHOM	215	0	0	0	0	0	178	236	91	720
CNRS-INSU	10	0	229	0	8	20	0	0	40	307
IRD	4	0	0	50	0	30	0	0	0	84
Météo-France	0	23	0	7,3	0	0	281	0	0	311
IPEV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CNES	110	0	0	0	61	20	0	0	0	191
CEREMA	0	0	0	0	0	0	435	0	0	435
<b>TOTAL</b>	<b>1879,5</b>	<b>38</b>	<b>259</b>	<b>57,3</b>	<b>69</b>	<b>79,6</b>	<b>1381</b>	<b>236</b>	<b>471</b>	<b>4470,4</b>

De même, cette contribution est conforme aux engagements des organismes avec un delta positif de 1156K€, en particulier sur le réseau Argo grâce à NAOS et au CPER Bretagne Euro-Argo et au projet DG-MARE MOCCA et projet H2020 Euro-Argo-RISE, et sur la composante transverse avec Copernicus IN Situ TAC et sur le côtier avec CPER ROEC et des investissements sur la jeunesse des gliders par le CNRS.

Organisme	Argo	Bouées	Glider	Pirata	Memo	SSS	côtier	Marégraphie	Transverse	Total
IFREMER	346,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-28,00	0,00	150,00	468,00
SHOM	45,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	128,00	-14,00	55,00	214,00
CNRS-INSU	0,00	0,00	149,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	154,00
IRD	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Météo-France	0,00	-64,00	0,00	-22,70	0,00	0,00	181,00	0,00	0,00	94,30
IPEV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CNES	-2,50	0,00	0,00	0,00	-21,50	19,60	0,00	0,00	-60,00	-64,40
CEREMA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	285,00	0,00	0,00	285,00
<b>TOTAL</b>	<b>388,50</b>	<b>-64,00</b>	<b>149,00</b>	<b>-22,70</b>	<b>-21,50</b>	<b>24,60</b>	<b>566,00</b>	<b>-14,00</b>	<b>150,00</b>	<b>1155,90</b>

### 3. ARGO FRANCE

<http://www.argo-france.fr>



**Comité de Pilotage Argo-France :** N. Kolodziejczyk, X. André, C. Cabanes, T. Carval, C. Coatanoan, F. D'Ortenzio, N. Lebreton, G. Maze, A. Poteau, S. Le Reste, P. -Y. Le Traon, C. Schmechtig, N. Poffa, S. Pouliquen et V. Thierry.



#### Préambule

Ce document n'est pas un compte rendu d'activités exhaustif du programme Argo-France mais un bilan et une liste des faits marquants du programme pour l'année 2019. Des informations complémentaires sont disponibles dans le rapport AST21 (Juillet 2020, Southampton, UK).

#### 3.1 Équipes et programme

Dans la continuité des activités opérationnelles sur lesquelles la France est engagée au niveau européen et international, les partenaires de Argo-France ont assurés en 2019 :

- La préparation et le déploiement de 72 flotteurs (Financement CORIOLIS–Ifremer et SHOM)
- Le traitement temps réel de la flotte européenne (hors flotteurs anglais et irlandais),
- Le temps différé de la flotte française et la cohérence du jeu de données Argo à l'échelle de l'Atlantique Nord (NA-ARC).

Argo-France s'est occupé aussi du traitement en temps-réel des flotteurs BGC-Argo de la flotte française, qui sont attribués par le GMMC.

De plus, il convient de noter que pour la gestion des données de la composante BGC, C. Schmechtig a jusque-là assuré la responsabilité de l'ensemble des activités (DAC BGC et DMQC BGC). Or pour le DMQC des flotteurs français pour la composante BGC, il s'agissait surtout d'un travail préparatoire, car les méthodes n'étaient pas encore mises au point. Désormais, pour certains paramètres comme l'oxygène dissous et le nitrate, ces méthodes sont disponibles, ce qui va permettre à l'équipe de passer plusieurs paramètres en delayed mode. Fin 2019, Raphaëlle Sauzède (Ingénieur CNRS) a été recrutée au LOV. Elle assurera la continuité du développement des méthodes DMQC des profileurs BGC dès 2020 et à mettre en place une chaîne de traitement DMQC opérationnelle au niveau national. Ce travail s'intégrera également au niveau européen dans la section BGC Data-Management du projet EARISE (WP4 piloté par Fabrizio). Par ailleurs, dans le cadre de la tâche 4.2 du WP4 EARISE, un ingénieur contractuel a été recruté (Quentin Jutard) pour travailler en support de Catherine Schmechtig à la consolidation du processing des BGC-Argo nationaux et européens.

En 2019, les partenaires Argo-France ont continué à représenter la France dans les instances internationales (AST et ADMT) et européennes (ERIC Euro-Argo, Management Board et Council).

En 2019, le label SNO (Service National d'Observation) d'Argo-France a été renouvelé avec succès pour 5 ans lors de la campagne de labellisation 2020-2024 de l'INSU. Cette re-labellisation permet d'assurer la continuité de l'expertise et des activités de coordination scientifique d'Argo-France.

Enfin la France a continué d'opérer un des deux centres globaux de données Argo (Coriolis GDAC).

## 3.2 Opérations à la mer : CODEP

[codep@ifremer.fr](mailto:codep@ifremer.fr) ; [noe.poffa@ifremer.fr](mailto:noe.poffa@ifremer.fr); [nathanaele.lebreton@shom.fr](mailto:nathanaele.lebreton@shom.fr)

### 3.2.1 Achats flotteurs

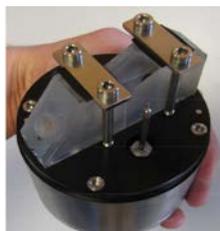
Cette année a vu l'achat de flotteurs des 4 types de flotteurs de fabrication NKE : ARVOR (21+13 contribution IFREMER et SHOM), CTS3-DO (11), DEEP (15) et BGC (9 : 6 dotation de Monaco à l'IMEV (LOV) et 3 GMMC avec contribution du CNES).

Tous les flotteurs achetés étaient équipés d'une communication Iridium. 2 flotteurs ARVOR ont été upgradés avec le soft ICE en vue d'un déploiement été 2019 sur une campagne Grand Nord pilotée par le SHOM.

Le CPER région Bretagne EURO-ARGO aide au financement de 5 profileurs pour le SHOM, et pour l'IFREMER, le CPER contribue à l'upgrade de flotteurs T/S en CTS4, ou CTS3DO ou DEEP. Il entre en 2020 dans sa dernière année de financement.

### 3.2.2 Composante T/S - NOSS

En 2019, suivant la stratégie Argo-France, les flotteurs T/S/Iridium 0-2000m ont été (re)-programmés pour exploiter au maximum les capacités de communication du réseau. Ainsi ces flotteurs transmettent 1000 points de mesure, avec une résolution variant de 1 à 2m près de la surface et de 5m à 2000m. Cette nouvelle stratégie d'échantillonnage (dite HD) a été déployée de manière opérationnelle au second semestre de 2019 sur l'ensemble de la flotte (envoi de télécommande aux flotteurs déjà en mer).



En juin 2019, le déploiement d'un profileur Argo bi-tête équipé du capteur NOSS3 (Mesure de la Salinité Absolue, TEOS-10) et d'une CTD (SBE41) en Méditerranée occidentale a permis de réaliser plus de 54 profils de Salinité Absolue et de mettre en évidence des dérives de la mesure et a motivé la modification du design du capteur NOSS. Le design modifié du capteur NOSS permettra de minimiser les effets des déformations liées à la pression. Le capteur sera testé en mer lors de campagnes d'opportunité printemps 2020, et lors de la campagne TECHNOSS en méditerranée en Novembre 2020 (montage sur une rosette et un provor).

### 3.2.3 Composante T/S/O2



10 flotteurs CTS3-DO ont été déployés en 2019 lors des campagnes PIRATA (4, Golfe de Guinée) ainsi que PERLE 2 et MOOXY (6, Méditerranée).

Une nouvelle version (V7) de l'outil ISAS d'interpolation de données in situ sur une grille régulière est maintenant disponible. Les trois modifications majeures concernent la possibilité de produire des champs pour l'oxygène, de produire des champs sur des niveaux de pression allant jusqu'au fond (5500m, et non plus seulement 2000m) et d'inclure des données de campagnes hydrographiques. Ces fonctionnalités ont permis de mettre en place en 2019 des champs grillés d'oxygène surface fond à échelle globale sur la décennie 2008-2018 qui seront disponibles en 2020.

### 3.2.4 Deep

Aucun flotteur DEEP n'a été déployé en 2019. Des soupçons de désamorçage de la pompe ont entraîné des modifications matérielles et logicielles. Par précaution, il a été décidé de réaliser des tests individuels en caisson hyperbare pour chacun des instruments. Ainsi, 2 semaines de tests au caisson (difficile de passer plus de 2 flotteurs par jour) ont sollicité la cellule codep, le LOPS ainsi que RDT au printemps 2019.

Ces tests ont permis de s'assurer qu'aucun des profileurs Deep ne présentait de faiblesse de pompe. Cependant, ces tests ont fait ressortir :

- Des faiblesses d'électrovannes sur 3 instruments, en cours d'analyse en 2020 ;
- Des entrées d'eau sur 3 optodes : il est suggéré de les passer en caisson avant intégration, ce problème fournisseur étant récidivant ;
- Un dysfonctionnement de cartes (connexion Bluetooth) : problème reproduit en laboratoire et résolu depuis.

Cela montre l'importance notable de ces tests, mais cela s'avère long, répétitif, et coûteux en moyens humains ou d'essais. Durant ces tests, il est impossible de faire autre chose en parallèle : trop technique et moyens d'essais (caisson) délicat.



### 3.2.5 Composante BGC

- 9 flotteurs avec plus de 2 paramètres BGC ont été déployés en 2019.
- 1 flotteur BGC sur la campagne OISO en début d'année
- 2 flotteurs (CTS5) ont été déployés en Méditerranée (1 avec capteur pH et un avec capteur UVP(récupéré))
- GMMC : 2 flotteurs déployés en novembre 2019 (S. Bonnet, TONGA)
- NAOS : 2 flotteurs (refit) ont été déployés en Méditerranée (en juin et décembre 2019) et 2 flotteurs CTS5 ont été déployés en baie de Baffin en juillet 2019.

Par définition, les flotteurs BGC sont des flotteurs qui mesurent un ou plusieurs paramètres parmi : l'oxygène dissous, les nitrates, la Chlorophylle-A, le coefficient de rétrodiffusion particulaire, l'éclairement incident et le pH.

## 3.3 Activités Déploiements

74 flotteurs ont été déployés : Atlantique Nord, Svalbard, Baie de Baffin, Méditerranée, Atlantique tropical, Golfe de Guinée, Océan Indien Sud, Polynésie Française, Pacifique.

On totalise 53 T/S Core, 10 T/S/O2, 7 BGC et 2 CTS5 ICE.

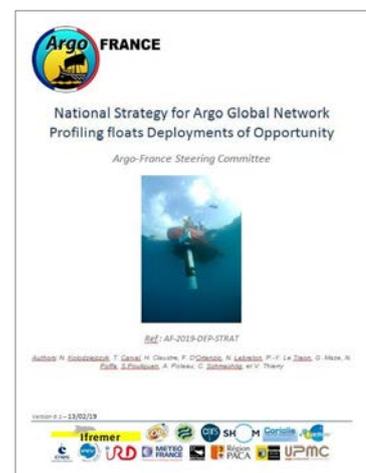
Les supports de déploiement sont l'UMS Flotte (campagnes ou transits valorisés), le BHO BTBP du SHOM, des navires océanographiques d'instituts partenaires ou des voiliers d'opportunité (transat).



Dossier Scientifique	PI	Type de demandes	ARVOR IRIIDIUM	ARVOR ARGOS	CTS3-DO	BGC	DEEP	CTS5 ICE	Zone de déploiement	Navire	Campagne	Date de campagne	Port d'expédition	Date d'expédition
OVIDE	THIERRY V.			4					ASFAR					
OISO	BLAINS /LO.MONACO C.-UPMC	GMMC 2017 + OPPORTUNITE	5			1			Kerguelen	MARION DUFRESNE	OBS AUSTRAL / OISO	04/01 au 15/02	LA REUNION	15/10/18
MOANA MATY	MARTINEZ E.-IRD	GMMC 2017	2						Marquises	ALIS	MOANA MATY 2	15/02 au 05/03	TOULON	
PERLE 2	CLAUSTRE H.-LOV	GMMC 2018			4				Méditerranée SE	POURQUOI PAS ?	PERLE 2	21/02 au 22/03	TOULON	
BTBP TV MED	SHOM / DUMAS F.	SHOM	1						Méditerranée SE	BTBP	TRANSIT BR-SUEZ	oct.-19	BREST	15/12/18
BTBP PHYSINDIEN	SHOM / S. LOUAZEL	SHOM	4						Mer d'arabie	BTBP	PHYSINDIEN	mai-19	BREST	15/12/18
BTBP TV INDIEN	SHOM	OPPORTUNITE	3						Indien Ouest	BTBP	TRANSIT LORAIN	juin-19	BREST	15/12/18
PIRATA FR29	BOURLES Bernard -IRD	OPPORTUNITE	3	1	2				Golfe de Guinée	THALASSA	PIRATA FR29	27/02 au 27/03	BREST	14/02/2019
BTBP TV EPARSEES	SHOM	OPPORTUNITE							Canal du Mozambique	BTBP	TRANSIT LORAIN	Juillet-Aout 2019	BREST	15/12/18
TV ATALANTE Atlantique	MAZE G.	OPPORTUNITE	3						Gulf Stream	ATALANTE	TRANSIT BR-PNMA	30/01 au 16/02	Brest	26/1/19
TV ATALANTE Pacifique	CRAVATTS	OPPORTUNITE + Ek-GMMC	10						Atlantique Tropical Est	ATALANTE	TRANSIT PNAM-NMA	17/02 au 21/03	Brest	26/1/19
MOCKY	COPPOLA L.-LOV	GMMC 2018	1	1	4		0		Méditerranée NO	THALASSA	MOCKE	07/06 au 02/07	SREST	30/5/19
AN1902B	LEYMARIE Edouard -LOV	OPPORTUNITE	2			2		2	Baie de Baffin	CGOS AMUNDSEN	GRENDEGE	juil.-19	QUIBEC	mar-19
TONGA	GUIEU Cécile-LOV / BONNET Sophie-MIO	GMMC 2017 - 2018	5			2			Pacifique SW (Tonga)	ATALANTE	TONGA	31/10 au 06/12	NOUMEA	Aout 2019
VSF / RARA / JV2019	COATANOAN Christine - Ifremer	OPPORTUNITE		6					Transatlantique	Voiliers	VSF	Fin 2018	Variable	Mi 2019
SHOMAN CARAPASS	SHOM Elodie Marchés - sédimento	OPPORTUNITE							GIUK	POURQUOI PAS ?	NARVAL CARAPASS 2019	mai-19	BREST	avr.-19
NARVAL / SHOMAN	DAUBORD Camille - SHOM	SHOM	2						Grand Nord	POURQUOI PAS ?	NARVAL/HYDROGN 2019	sept.-19	BREST	sept.-19
NAOS + PROTO	CLAUSTRE H.-LOV	OPPORTUNITE				4			Med	POURQUOI PAS ?	NARVAL CARAPASS 2019	mai-19	BREST	avr.-19
<b>TOTAL 2019</b>			<b>41</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>2</b>						
			<b>74</b>											

### 3.3.1 Document de Stratégie nationale de déploiement

Le déploiement de profileurs Argo par des PIs de laboratoire français via le GMMC concerne en moyenne 60% des profileurs. Les 40% restant sont déployés via à la cellule de déploiement de Coriolis grâce à des campagnes dites “d’opportunité”. Afin d’apporter une aide aux recherches de plateforme de déploiement dites “d’opportunités”, le document (fr./eng.) de “stratégie nationale de déploiement d’opportunité des profileurs du réseau Argo” a été rédigé par le comité de Pilotage Argo-France. Ce document recense les zones de déploiement à viser et entérine pour chaque type de profileurs des standards de programmation en ligne avec les recommandations internationales, européennes et nationales. Ce document a été publié en 2019.



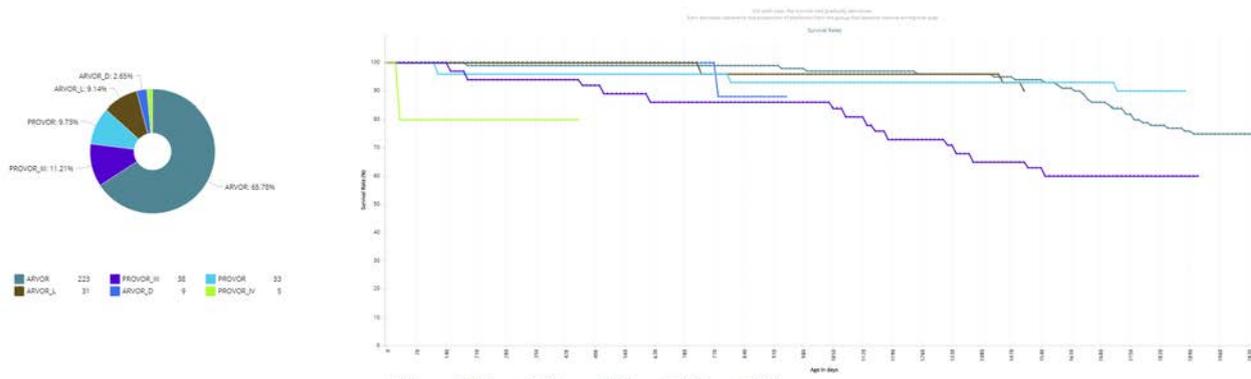
Kolodziejczyk Nicolas, Carval Thierry, Claustre Hervé, D'Ortenzio Fabrizio, Lebreton Nathanaële, Le Traon Pierre-Yves, Maze Guillaume, Poffa Noe, Pouliquen Sylvie, Poteau Antoine, Schmechtig Catherine, Thierry Virginie (2019). Stratégie nationale pour les déploiements d'opportunité des profileurs du réseau global Argo / National Strategy for Argo Global Network Profiling floats Deployments of Opportunity. Comité de pilotage Argo-France/Argo-France Steering Committee. AF-2019-DEP-STRAT. doi: <https://doi.org/10.13155/59297>.

### 3.3.2 Monitoring de la flotte

A ce jour (mars 2020), sur les 74 flotteurs déployés en 2019, 71 sont actifs, deux ont été récupérés (prototype pH et UVP) et un CTS3-DO (6902871) a disparu au Sud de la Crète après 37 cycles (suspicion de chalutage).

75 flotteurs français ont disparu en 2019, principalement dû à épuisement des batteries, la grande majorité de ces flotteurs ayant vécu plus de 5 ans.

La flotte française était en 2019 composée majoritairement d’Arvor et Arvor-L (3/4 de la flotte). La moyenne d’âge des Arvor disparus en 2019 est de 4,5 ans à la mer avec une programmation classique (cycles de 10 jours à 1000/2000m) en transmission Argos. On évalue en comparaison à 6 ans la durée de vie d’un Arvor Iridium en programmation “classique”.



Statistiques (Jcommops) de la flotte française 2019 (Les 339 flotteurs ayant émis des données au cours de l'année).

### 3.4 Gestion des données Argo

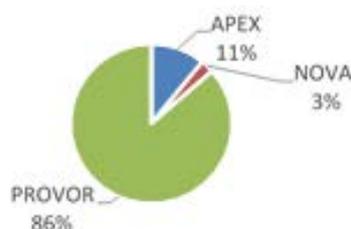
#### 3.4.1 DAC : centre de données des flotteurs Coriolis

##### Flotteurs actifs

Au cours des 12 derniers mois, 34 921 profils provenant de 827 flotteurs actifs ont été collectés, contrôlés et distribués. Par rapport à 2018, le nombre de profils est en forte augmentation (+ 15%), le nombre de flotteurs a augmenté de 4%. Ces chiffres illustrent une bonne dynamique de l'activité du DAC Coriolis.

Les 827 flotteurs gérés au cours de cette période avaient 51 versions de formats de données.

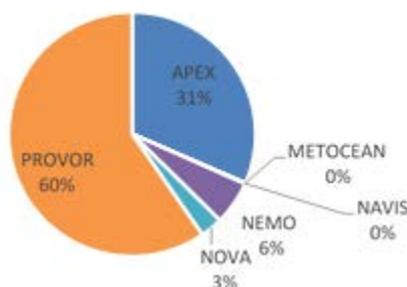
Coriolis DAC, active floats in 2019			
Float family	nb versions	nb floats	nb core profile files
APEX	19	90	3 069
NOVA	2	22	696
PROVOR	30	715	31 158
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>827</b>	<b>34 923</b>



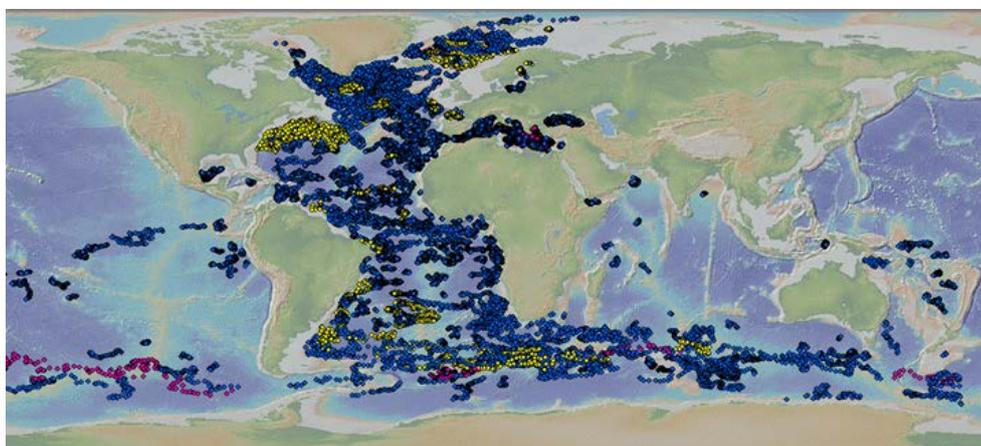
##### Tous les flotteurs Coriolis

Le DAC Coriolis gère un total de 2.809 flotteurs avec 146 versions de 6 familles. Ces flotteurs ont rapporté 324,351 profils verticaux Argo de base.

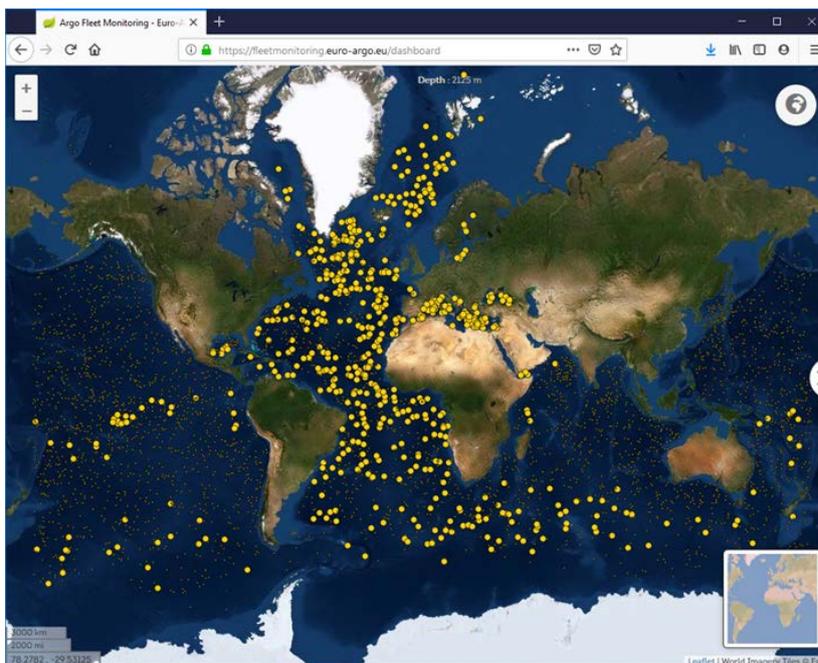
Coriolis DAC, all floats, 2019			
Float family	nb versions	nb floats	nb core profile files
APEX	69	886	103 867
METOCEAN	1	1	52
NAVIS	1	3	644
NEMO	8	162	8 902
NOVA	3	82	6 100
PROVOR	64	1 675	204 786
<b>Total</b>	<b>146</b>	<b>2 809</b>	<b>324 351</b>



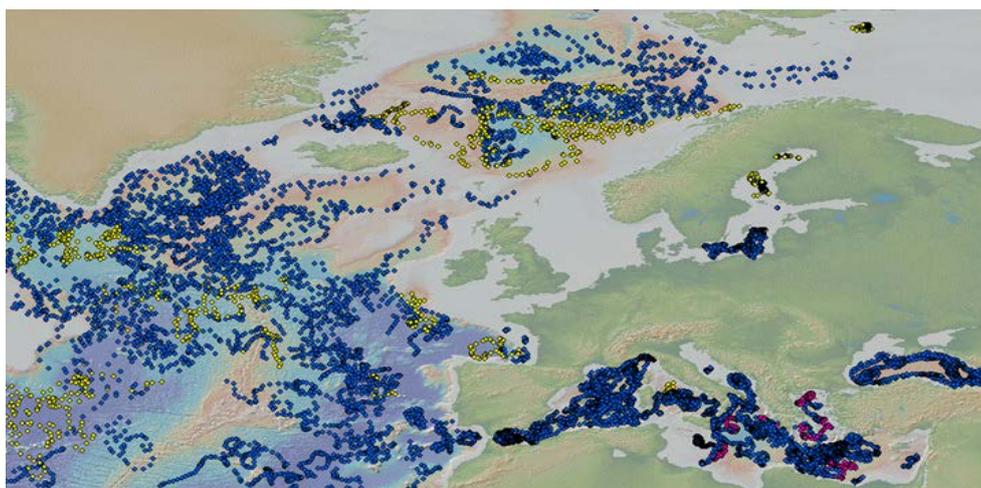
Les flotteurs du DAC Coriolis sont majoritairement NKE (Provor) et Teledyne (Apex).



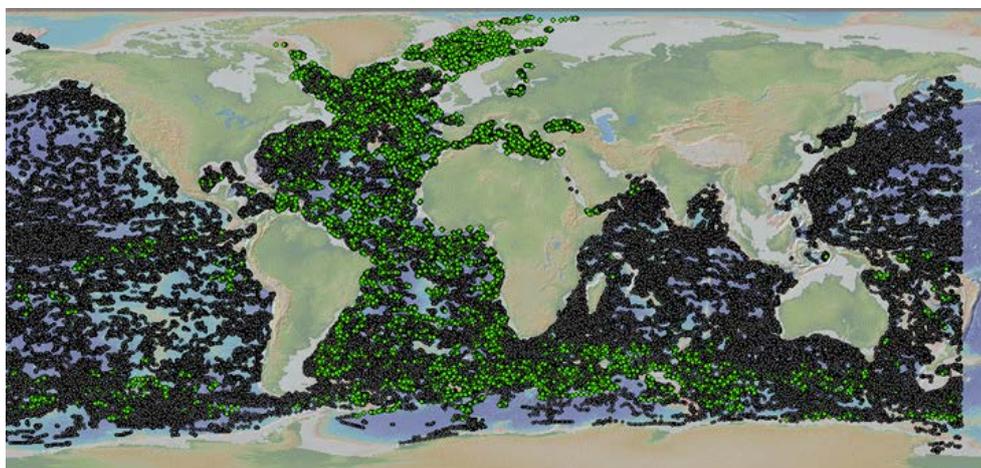
Carte des 34 923 profils de 827 flotteurs actifs décodés par le DAC Coriolis en 2019  
Apex Nova Provor.



Carte des 827 flotteurs actifs décodés par le DAC Coriolis en 2019 (autres DACs : petits points gris)  
tels que affichés sur le tableau de bord des flotteurs Euro-Argo  
<https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>



Carte des flotteurs actifs gérés par Coriolis en 2019, zoom sur la zone Atlantique Nord.



Carte des profils des flotteurs actifs décodés par le DAC Coriolis en 2019, parmi les autres profils du DAC  
(Coriolis : vert, autres DAC : gris)



Carte des 295.351 profils de 2.637 flotteurs gérés par le Coriolis DAC  
Apex Metocean Navis Nova Provor

### **DAC Coriolis BGC-Argo**

La chaîne de traitement des données Matlab est régulièrement améliorée pour gérer les données et les métadonnées des flotteurs Coriolis-BGC. Ce sont des flotteurs innovants équipés de capteurs bio-géochimiques (BGC). Le DAC Coriolis gère 453 flotteurs BGC-Argo de 4 familles. Ils ont effectué 63 634 cycles.

La chaîne de traitement des données est librement disponible :

- Chaîne de traitement Coriolis des flotteurs Argo , <http://doi.org/10.17882/45589>

En 2019, le manuel Oxygène a été mis à jour : « Traitement des données d'oxygène Argo au niveau DAC» <http://doi.org/10.13155/39795> . Pour mettre en œuvre les mises à jour, tous les profils d'oxygène ont été retraités au printemps 2019. Plus de 42 000 fichiers contenant des données d'oxygène ont été re-soumis sur le serveur ftp du GDAC Argo.

BGC-Argo floats processed by Coriolis DAC		
Coriolis float family	nb floats	nb profiles
APEX	102	12 917
NAVIS	3	644
NOVA	15	1 055
PROVOR	333	49 018
<b>Total</b>	<b>453</b>	<b>63 634</b>



Les flotteurs BGC Coriolis sont principalement NKE (Provor) et Teledyne (Apex)

Caractéristiques générales des flotteurs BGC-Argo Coriolis

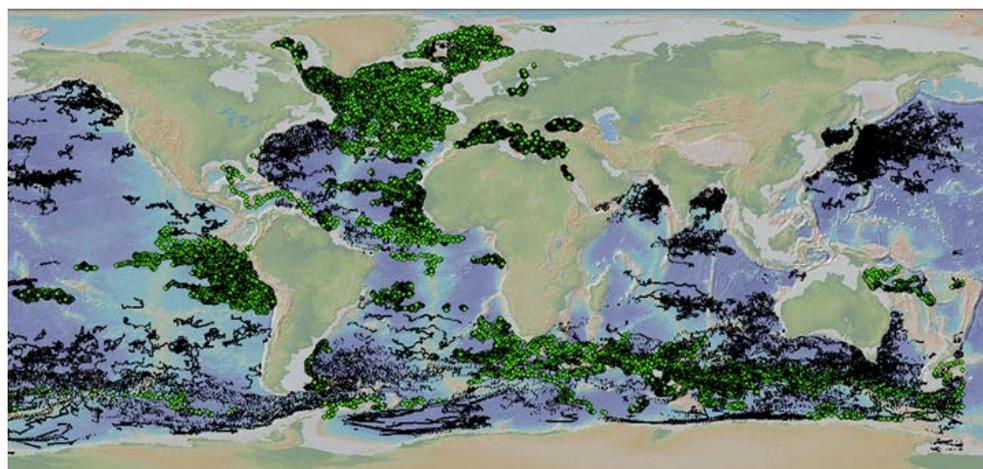
- Communications Iridium SBD, Iridium Rudics ou Argos
- Quatorze types de capteurs sont montés sur les flotteurs
- Onze paramètres BGC gérés

Coriolis BGC-Argo floats sensor	nb floats	nb profiles
AANDERAA_OPTODE_3830	66	9164
AANDERAA_OPTODE_4330	308	41613
AANDERAA_OPTODE_4330	1	21
C_ROVER	15	4449
ECO_FLBB_AP2	19	4982
ECO_FLBB2	163	89820
ECO_FLBB2	4	2112
ECO_FLNTU	10	5366
FLBB	2	616
SATLANTIC_OCR504_ICSW	166	120504
SBE41CP	246	77855
SBE43F_IDO	13	1596
SBE63_OPTODE	20	1885
SEAFET	8	409
SUNA_V2	73	10933
UVP6-LP	1	30

Les 16 types de capteurs montés sur les flotteurs Coriolis BGC-Argo

PARAMETER_CODE	NB_FILE
DOXY	53 538
CHLA	33 309
BBP700	31 200
DOWN_IRRADIANCE380	28 264
DOWNWELLING_PAR	28 264
CDOM	27 697
NITRATE	10 003
CP660	4 423
TURBIDITY	2 109
BISULFIDE	543
PH_IN_SITU_TOTAL	389

Les 11 paramètres BGC rapportés par les flotteurs Coriolis BGC-Argo



Carte des 453 flotteurs BGC-Argo gérés par Coriolis DAC (points gris: les autres flotteurs bio-Argo des AC). Ils mesurent des paramètres tels que l'oxygène, la chlorophylle, la turbidité, le CDOM, la rétrodiffusion, les UV, le nitrate, le bisulfure, le pH, l'éclat, l'irradiance, le PAR.

### **Données temps différées transmises aux GDACs**

Un profil en mode temps différé Argo contient un profil de salinité calibré (paramètre psal\_adjusted).

- Au total, 115 892 profils temps différé nouveaux ou mis à jour ont été envoyés aux GDAC en 2019
- Un total de 222 641 profils temps différé ont été envoyés aux GDAC depuis 2005.

Le nombre de profils en mode temps-différé a augmenté de 11% cette année.

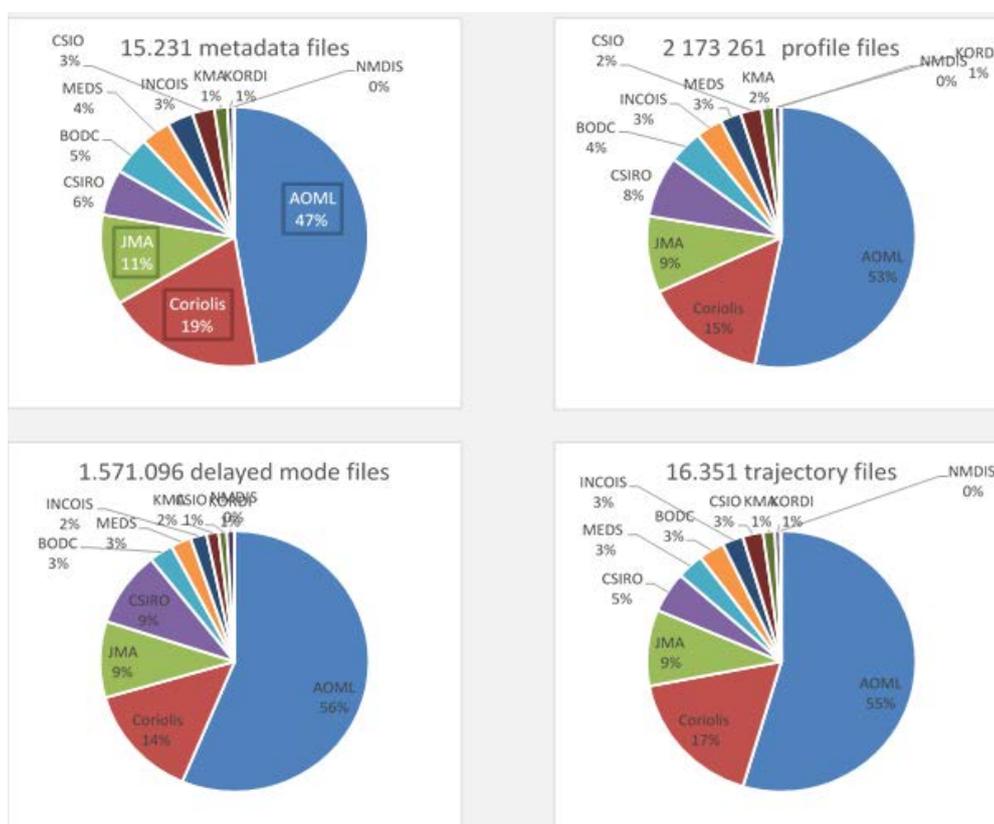
### **3.4.2 GDAC : centre de données global des flotteurs Argo**

#### **Inventaire des données Argo**

Nous gérons le centre de données global Argo GDAC, en collaboration avec le centre américain US-GDAC. Actuellement, 11 DACs nationaux ou régionaux soumettent régulièrement des données au GDAC Coriolis. En septembre 2019, les fichiers suivants étaient disponibles sur le site FTP de GDAC.

DAC	metadata files 2019	Increase	profile files 2019	Increase 2	delayed mode profile files 2019	Increase 3	trajectory files 2019	Increase 4
AOML	7 205	3%	1 156 291	6%	885 520	8%	8 934	4
BODC	715	5%	89 781	12%	45 686	36%	509	0
Coriolis	2 922	6%	325 133	10%	222 641	12%	2 835	7
CSIO	408	1%	54 914	9%	15 260	49%	402	1
CSIRO	873	4%	164 482	7%	147 208	10%	826	3
INCOIS	478	6%	69 633	7%	30 651	8%	413	0
JMA	1 715	7%	206 144	4%	148 198	20%	1 545	2
KMA	241	0%	33 685	6%	23 094	0%	232	4
KORDI	109	-1%	15 736	-1%	14 505		107	0
MEDS	546	7%	55 002	5%	38 333	2%	529	8
NMDIS	19	0%	2 460	0%	0		19	0
<b>Total</b>	<b>15 231</b>	<b>4%</b>	<b>2 173 261</b>	<b>7%</b>	<b>1 571 096</b>	<b>11%</b>	<b>16 351</b>	<b>4</b>

Comptage des fichiers distribués par le GDAC Argo en octobre 2019

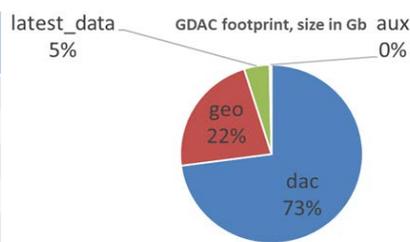


Distribution par DACs des fichiers du GDAC Argo en octobre 2019

**Empreinte des fichiers de GDAC Argo**

- Le nombre total de fichiers NetCDF dans le répertoire GDAC/dac était de 2 420 372
- La taille du répertoire GDAC/dac était de 275 Go (+ 12%)
- La taille du répertoire GDAC était de 593 Go (+ 7%)

branch	2019 Gb	yearly increase
dac	338	28%
geo	103	17%
latest_data	21	33%
aux	2	53%
gdac total	593	42%



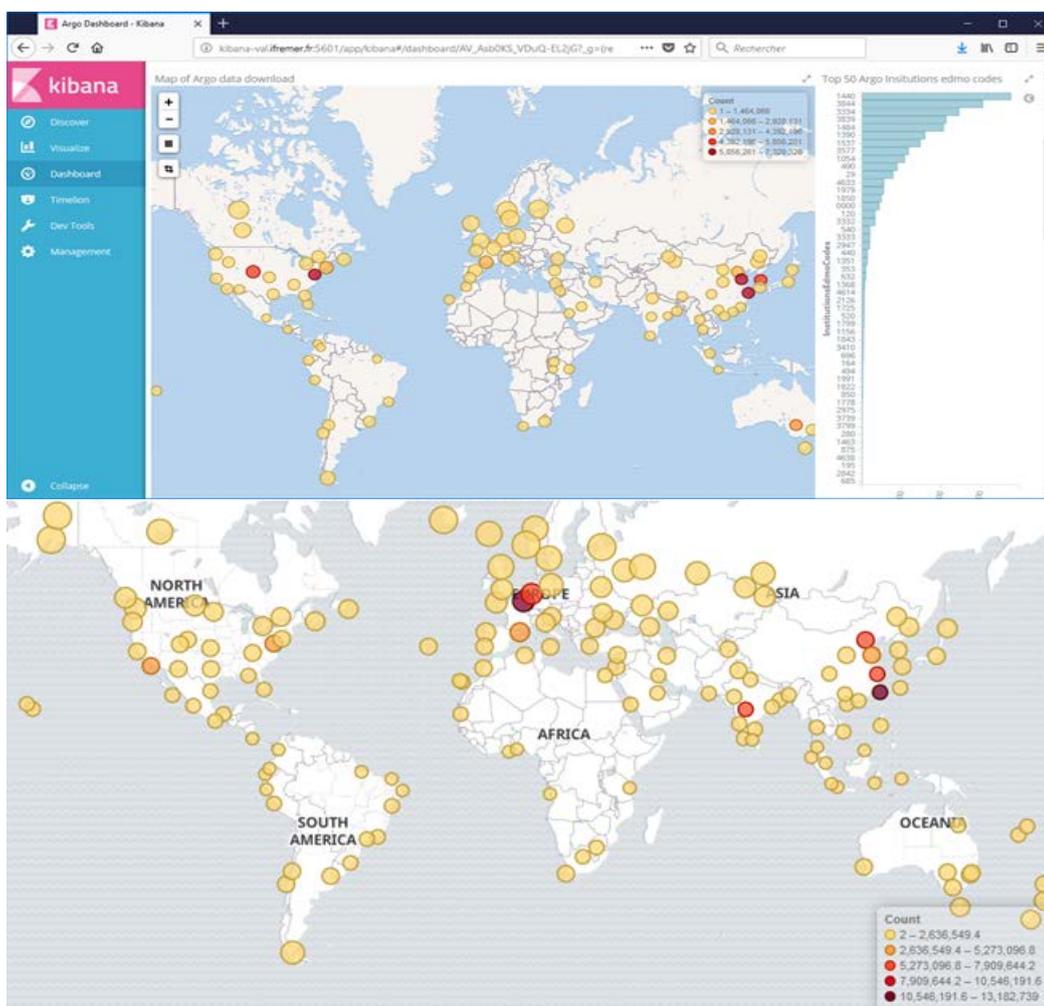
Répertoires dac (tous les flotteurs) - geo (par ocean - mois - jour) - latest\_data (les 30 derniers jours) - aux (fichiers non normalisés). A droite, répartition des fichiers du GDAC par répertoires

### Tableau de bord Argo Sémaphore : créditer les fournisseurs de données

Dans le cadre du projet européen AtlantOS, l'Ifremer met en place un tableau de bord (Sémaphore) pour surveiller la distribution des données et créditer les fournisseurs de données de flotteurs Argo.

Les fichiers journaux des téléchargements FTP sont ingérés dans un index Elasticsearch. Les liens entre les fichiers téléchargés, utilisateurs qui téléchargent, flotteurs téléchargés et les propriétaires (institutions) des flotteurs est établi. Ces liens sont affichés dans un tableau de bord Kibana.

Ce tableau de bord permet de créditer les institutions propriétaires des flotteurs : "qui télécharge quoi de quelle institution".



Répartition géographique des téléchargements ftp GDAC en 2019

La majorité des utilisateurs (points rouges) se trouvent aux États-Unis, en Chine, en Australie et bien sûr en Europe. L'histogramme de droite trie le code de l'institution flottante (1440 : PMEL, 3844 : WHOI, 3334 : INCOIS, 3839 : UWA, 1484 : CSIRO...).



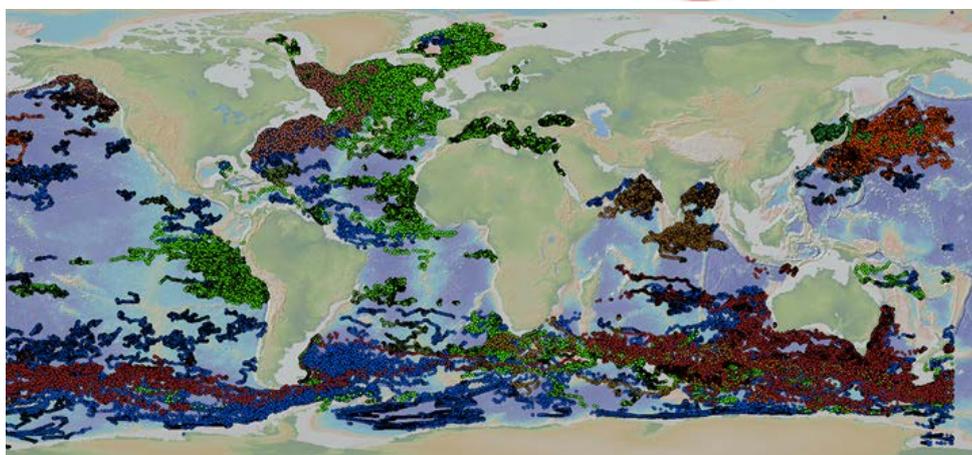
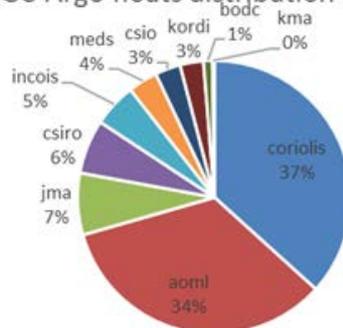
Le top 50 des téléchargements d'institutions flottantes et le top 50 des utilisateurs de données.

### Flotteurs BGC-Argo

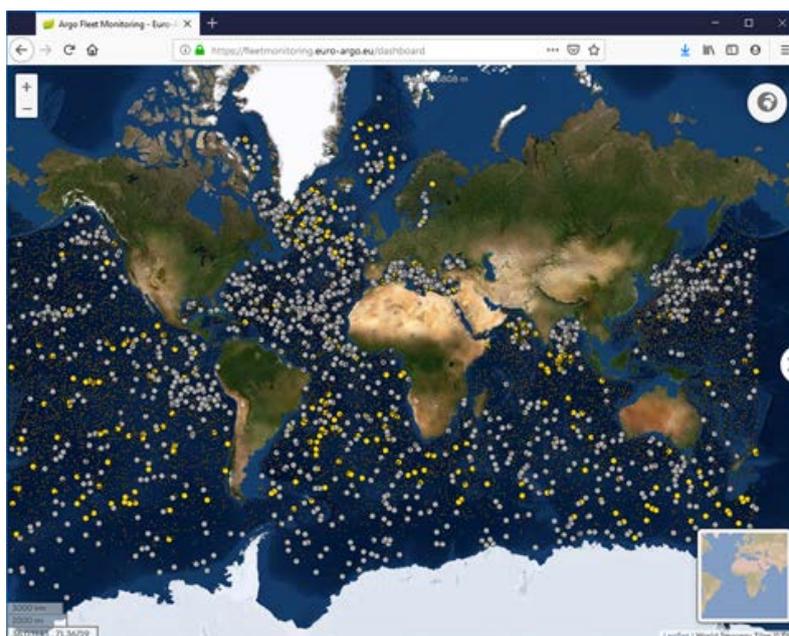
En octobre 2019, **189.142 profils BGC-Argo de 1234 flotteurs** étaient disponibles sur Argo GDAC. C'est une forte augmentation par rapport à 2018 : **+ 15% de flotteurs en plus** et **+ 14% de profils en plus**.

DAC	nb bgc floats	nb bgc files
Coriolis	453	63 634
Aoml	418	59 762
Jma	90	15 629
Csiro	79	21 498
Incois	64	8 667
Meds	43	4 263
Csio	37	7 562
Kordi	34	3 555
Bodc	13	4 110
Kma	3	462
<b>Total</b>	<b>1234</b>	<b>189 142</b>

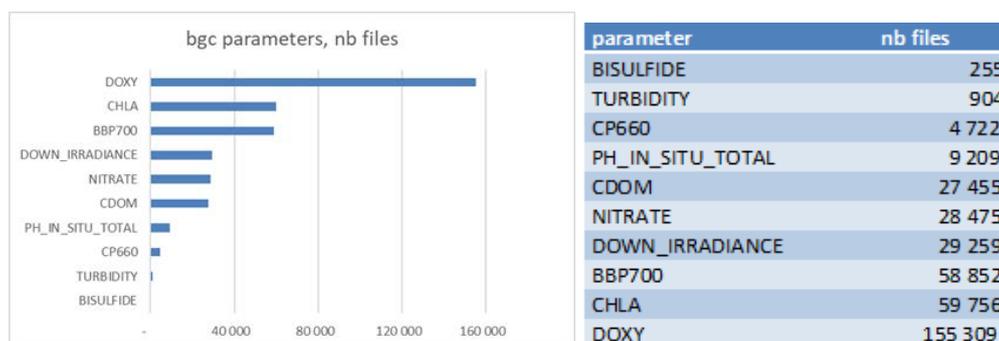
BGC-Argo floats distribution per DAC



Profils verticaux BGC-Argo, couleurs par DACs



209 flotteurs BGC-Argo (actif : jaune, autre: gris) - <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>



Principaux paramètres physiques BGC-Argo, nombre de profils

### **Codep, métadonnées capteurs SBE41**

Dans le souci d’avoir une base de données la plus complète possible, la cellule opérationnelle CODEP (sur les directives ARGO-FRANCE ou ADMT) effectue des mises à jour des métadonnées sur des flotteurs actifs et inactifs.

En 2019, un chantier de complétude et de renseignement des numéros de série des SBE41 ainsi que des types et serial number des capteurs de pression des profileurs a été mené. L’intégralité des flotteurs français a été revu pour l’ADMT 2019 et l’audit CTD de John Gilson. La totalité des métadonnées CTD ont été retrouvées et/ou corrigées (>25 % des flotteurs) à l’exception de celles concernant quelques lots de flotteurs anciens pour lesquels elles sont définitivement perdues. Les métadonnées CTD manquantes des PROVORS hors Argo-France qui ont été retrouvées ont été communiquées aux DACs concernés.

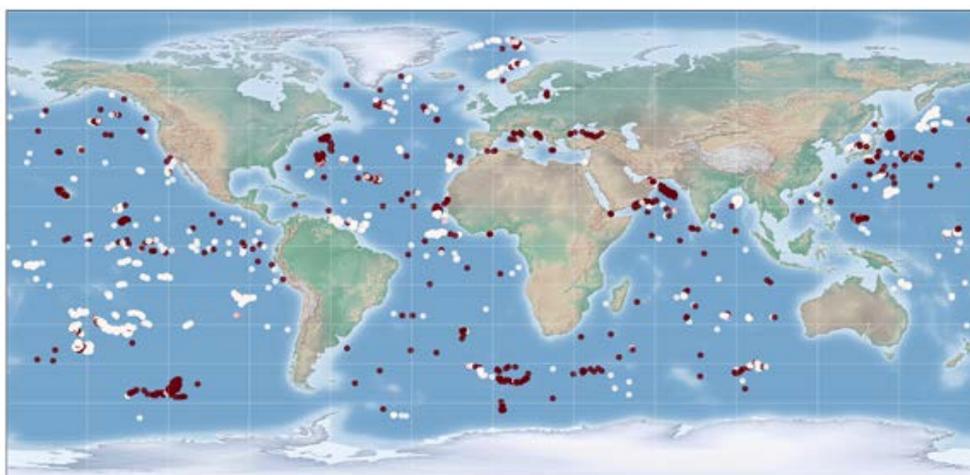
### 3.4.3 Projets européens Argo-données

#### **Argo Mocca : machine learning appliqué aux observations Argo**

Ce chapitre concerne les principaux projets européens impliquant le centre français de données Argo. Mocca est une contribution de l'Europe au réseau Argo, le déploiement 200 flotteurs Core-Argo (PTS) et leur contrôle qualité.

Pour le contrôle qualité temps différé, une étude sur le Machine Learning est en cours pour la détection de données Argo atypiques, à contrôler visuellement. Les modèles d'apprentissage (machine learning) qui "modélisent" le jeu de données Argo obtiennent bonnes performances comparées à notre méthode classique d'analyse objective. Pour le même taux de détection des profils BAD, le deep learning produit 25% d'alertes en moins que la solution de référence.

Le Machine learning calcule la différence entre une nouvelle observation Argo (réelle) et une simulation par modèle d'une observation (synthétique) en ce lieu et cette date. Un écart significatif détecte les observations atypiques à contrôler visuellement.



Base de référence pour le machine learning d'observations Argo "atypique"  
(BAD : rouges, GOOD: blanches)

#### **Argo EA-Rise : développer l'observation océan in situ par flotteurs Argo**

Le projet européen EA-Rise contribue au développement de la contribution européenne Argo, BGC-Argo et Depp-Argo. Le centre de données est impliqué dans trois tâches :

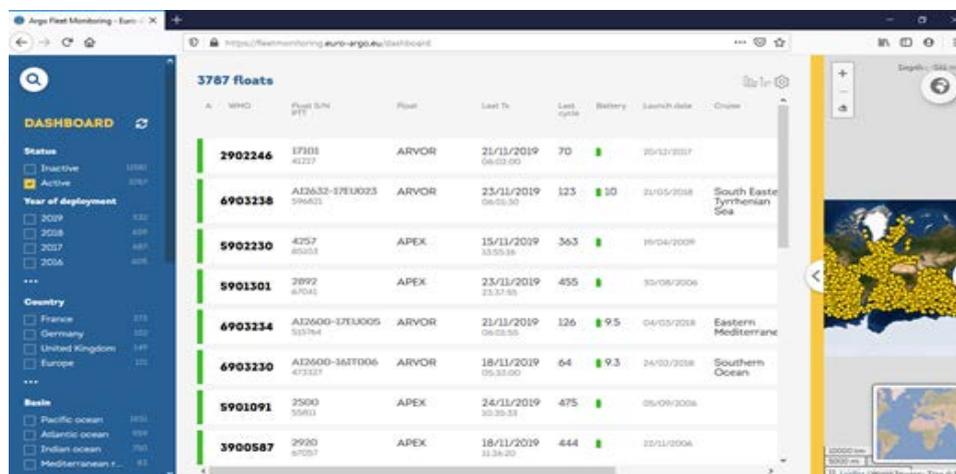
WP2 Evolution of the core Argo mission

- Task 2.4: Development & Implementation of DMQC methods VRE pour machine learning, Accès données robustes et hautes performances,
- WP4 Extension BGC Argo,
- Gestion de données et QC, Nitrate, irradiance, particules en suspension, oxygène, pH, flux mer-atmosphère CO<sub>2</sub>,
- WP7 Outreach,
- Evolution du « serious game » Wesstiti, à destination des écoles.

## **Big data Coriolis, projets MOCCA et ENVRI-FAIR**

Le Tableau de bord des flotteurs Argo est maintenant en ligne sur : <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu>

Il a été développé dans le cadre du projet européen MOCCA (IHM) et ENVRI-FAIR pour les API d'accès aux métadonnées (Elasticsearch) et données (Cassandra).



WHO	Float ID	Float	Last Tx	Last cycle	Battery	Launch date	Chime
2902246	17013 42227	ARVOR	21/11/2019 08:03:00	70		25/12/2017	
6903238	A12632-17EUD23 396411	ARVOR	23/11/2019 08:53:50	123	30	21/05/2018	South East Tyrrhenian Sea
5902230	4257 85433	APEX	15/11/2019 23:53:38	363		19/04/2009	
5901301	3892 47041	APEX	23/11/2019 23:37:58	455		30/09/2006	
6903234	A12600-17EUD05 513764	ARVOR	21/11/2019 08:43:58	126	9.5	04/03/2018	Eastern Mediterrane
6903230	A12600-18MT006 473327	ARVOR	18/11/2019 05:32:00	64	9.3	24/03/2018	Southern Ocean
5901091	2500 30853	APEX	24/11/2019 20:33:31	475		05/09/2006	
3900587	3990 87057	APEX	18/11/2019 11:34:20	444		25/11/2006	

Le tableau de bord des flotteurs Coriolis, une application big-data : visualiser instantanément 15 000 flotteurs, ses 3 million de métadonnées et ses 2 milliard d'observations.

## **3.5 Outils et produits**

### **3.5.1 ISAS SSS and ISAS O2**

Le SNO Argo-France a valorisé les données Argo T/S et DO en mettant à jour et distribuant les produits interpolés ISAS.

La dernière version de l'outil ISAS V7 est désormais mise à disposition des utilisateurs. Les trois modifications majeures concernent la possibilité de produire des champs pour l'oxygène, de produire des champs sur des niveaux de pression allant jusqu'au fond (5500m, et non plus seulement 2000m) et d'inclure des données de campagnes hydrographiques. La nouvelle version d'ISAS17 a été développée en 2019. Cette version permettra d'étendre la série temporelle de champs T/S interpolés mensuellement en DM de 2002 à 2017. Les champs T/S/O2 seront distribués en 2020.

En 2019, le SNO-Argo a accompagné le centre de donnée Coriolis pour la mise à jour de l'outil ISAS pour produire les champs ISAS RT et NRT, notamment le passage à la version 7 d'ISAS, utilisés pour le RTQC et distribués par les services opérationnelles CMEMS-Copernicus, respectivement.

### **3.5.2 Nouvelle méthode DMQC basée sur l'Intelligence Artificielle**

Un statisticien, expert en machine learning, a repris les travaux de G. Maze sur le développement de méthodes de DMQC basées sur des modèles statistiques d'apprentissage supervisés (12 mois, MOCCA/EARISE). Après s'être approprié les spécificités de la thématique "validation des données Argo" et les codes tests existants, il a examiné le DMQC de l'équipe ISAS et amélioré la nouvelle procédure de prédiction d'alarme basée sur un apprentissage supervisé des alarmes passées. Cette procédure prévoit la qualité d'une alarme ISAS et s'en sert pour les ordonner afin que l'opérateur n'ait à regarder que les alarmes les plus difficiles à statuer. Cependant, les performances de ce "moteur de recommandations" ne sont pas satisfaisantes, principalement à cause d'un manque de prise en compte par la méthode du mode de travail des opérateurs, à savoir: une examination des alarmes par profils et flotteurs plutôt que par points. Tous les détails sont dans le rapport établi pour les projets MOCCA et EARISE (contact : [gmaze@ifremer.fr](mailto:gmaze@ifremer.fr)).

Ces travaux continuent dans le cadre du projet EARISE et du SNO. De nouvelles approches sont explorées, notamment :

- Une prévision de QC par profils, plus proches du fonctionnement des opérateurs (méthode : arbres de décision),
- Une meilleure sélection des données de référence pour OWC (méthode : modèle de classification non-supervisée de profils),
- Une meilleure définition de la PDF de référence (méthode : réseau de neurones).

### 3.5.3 DMQC BGC

En juillet 2019, une chaîne de Delayed Mode a été mise en place au LOV sur un serveur dédié. Elle est composée de l'outil SCOOP pour faire du contrôle visuel pré DM, des chaînes de traitements SAGE-O2 et SAGE développées à MBARI pour estimer les tendances de DOXY, NITRATE et pH, ainsi qu'un outil d'écriture dans les fichiers finaux. Le paramètre DOXY a été passé en Delayed Mode pour une centaine de flotteurs pendant l'été 2019. L'Oxygène est un paramètre clé pour utiliser les réseaux de neurones (Bittig et al., 2018, Sauzède et al., 2017, Fourrier et al., submitted) dans les procédures de Delayed Mode pour le NITRATE et le pH. Ces paramètres passeront donc en Delayed Mode au cours de l'année 2020. Durant le workshop BGC qui a eu lieu durant l'ADMT 2020, il a été mentionné que les PI des flotteurs BGC devaient, autant que possible, reporter les données publiées du programme BGC dans le jeu de données Argo. Ainsi, dans le projet EARISE (amélioration des procédures QC BGC : RT et DM), Quentin Jutard a développé un outil mis à disposition sur github qui permet de passer des profils de BBP en DM (après contrôle visuel, ajustement). Cet outil va permettre de passer efficacement en DM, le BBP pour une centaine de flotteurs.

### 3.5.4 Trajectoires

En Collaboration avec Coriolis et le SOERE-CTDO2, le SNO Argo-France contribue également au DMQC sur les trajectoires des flotteurs Argo et les mises à jour du produits ANDRO (Atlas des trajectoires Argo). Une mise à jour sur la période 2010-2018 incluant les flotteurs des DACs AOML, CSIRO, JMA a été publiée en 2019. Les QC en temps différé des données de trajectoires des flotteurs Argo ont été mis à jour, ainsi que l'Atlas Andro des vitesses de déplacement des flotteurs au DOI :

Ollitrault Michel, Rannou Philippe, Brion Emilie, Cabanes Cecile, Reverdin Gilles, Kolodziejczyk Nicolas (2019). ANDRO: An Argo-based deep displacement dataset. SEANOE.doi: <https://doi.org/10.17882/47077>

Solène Déalbera (stagiaire élève Ingénieur ENSTA-Bretagne) a travaillé sur la mise en place d'une procédure automatisée de RTQC pour les trajectoires des flotteurs Argo. Ce travail a été initié par Gaëlle Herbert en 2019 (IR CDD, Coriolis) et sera finalisé en 2020 par Gaëlle en 2020 (CDD IR, INSU). Le but est de fournir une chaîne de traitement automatisée pour opérer le QC en temps réel sur les trajectoires, afin de pouvoir distribuer des fichiers Argo "RTraj" qualifiés de manière systématique et utilisable pour des produits de courants en temps réel. Ce travail est une première étape pour la mise en place du protocole de QC en temps différé pour les mesures de trajectoire Argo, afin de pouvoir distribuer les fichiers Argo "Dtraj" qualifié à la communauté. Enfin, en collaboration avec le centre de donnée Coriolis, le SNO Argo-France a initié la mise en place d'une procédure de transfert des fichiers historique de trajectoire ANDRO contrôlés en delayed mode le format Argo 'Dtraj' au **centre de donnée Coriolis**.

### 3.5.5 Outils collaboratifs

Le projet EARISE a permis la mise en oeuvre d'un cadre collaboratif de travail pour toute la communauté Argo. Les outils collaboratifs sont disponibles sur [github.com/euroargodev](https://github.com/euroargodev). Tous ces outils sont gratuits et disponibles pour notre communauté Argo-France, entre autres:

- Un forum public sur le QC Argo qui sera utilisé par la communauté Argo-France : [github.com/euroargodev/publicQCforum](https://github.com/euroargodev/publicQCforum),
- Hébergement de codes numériques pour distribution et développement (repositories),
- Outils d'organisation et de discussion par équipes,
- Outils de gestion de projets.

### 3.5.6 Autres logiciels et produits

#### Accès aux données Argo

Dans le cadre d'EARISE, la France travaille à l'amélioration de l'accès aux données Argo, en particulier pour les utilisateurs non-experts. Pour cela, le LOPS développe une librairie python de haut niveau qui doit fournir un accès simplifié à toutes les données Argo. [Des notebooks de démonstrations sont disponibles sur ce repo](#).

#### Base de référence

Coriolis gère les bases de données de références Argo pour le DMQC (des casts CTD bateaux et des flotteurs Argo). Afin d'en faciliter l'accès par les logiciels de QC, l'Ifremer entreprend de servir ces bases via l'API ERDDAP : [http://www.ifremer.fr/erddap/info/argo\\_reference/index.html](http://www.ifremer.fr/erddap/info/argo_reference/index.html). Pour l'instant, seules les données de référence Argo sont disponibles (car en accès libre). Les données bateaux le seront également via un système simple d'authentification. [La nouvelle librairie d'accès simplifié aux données Argo \(voir ci-dessus\) permet également un accès aux données de référence.](#)

#### Simulateur de flotte Argo

Dans le cadre d'EA-RISE, le LOPS développe un logiciel de simulation de flotte Argo. Ce simulateur utilise les champs de vitesse des produits Mercator pour faire évoluer un flotteur virtuel de flotteurs Argo dont l'utilisateur peut modifier les paramètres missions. L'objectif premier de ce simulateur est de tester l'impact sur l'échantillonnage du réseau de différentes stratégies de déploiement et de configuration de flotteurs. [Les développements se font en mode collaboratifs sur euroargodev](#).

### 3.5.7 Ocean state report

#### ***ICES North Atlantic Ocean State Report (IROC)***

Comme chaque année, en 2019, le SNO Argo-France contribue et assemble la contribution française au rapport ICES sur l'état de l'océan l'Atlantique Nord en 2018. Les champs de température et salinité ISAS sont utilisées dans le cadre de son "Ocean State Report" ([www.ices.dk](http://www.ices.dk)):

Kolodziejczyk Nicolas, Reverdin Gilles, Desbruyères Damien (2019). Contribution to the ICES Report on Ocean Climate: North Atlantic Ocean in 2018. National report : France, June 2019. LOPS-WGOH-2018-01.doi : <https://doi.org/10.13155/59296>

## 3.6 Recherche

### 3.6.1 Publications marquantes

- L'utilisation scientifique des produits ISAS15 pour diagnostiquer les mécanismes de variabilité interannuelle des masses d'eau a donné lieu à 2 publications en 2019 : Kolodziejczyk et al. (JGR, 2019) et Portela et al., (JPO, 2020).
- Les données Argo et ISAS15 ont contribué à mieux contraindre l'élévation du niveau de la mer liée à la fonte de la glace de mer (contraction haline par dilution) et la perte de masse des glaces continentales (Llovel et al., 2019, Nature Scientific Report).
- Dans le cas de la conférence internationale 'OceanObs2019', le SNO Argo-France a activement participé au white paper "On the future of Argo : An enhanced global array of physical and biogeochemical sensing floats", établissant les perspectives pour le réseau global Argo et les différentes missions Argo (Core, Deep, BGC) pour les 10 prochaines années.
- Feucher et al (2019) ont utilisé les données Argo pour établir une climatologie moderne et objective des propriétés structurales (ex: profondeur, épaisseur) et thermohalines des eaux modales subtropicales et des pycnoclines permanentes.
- Racapé et al. (2019) est la première publication scientifique basée sur les données Deep-Arvor. Cette publication met en évidence l'intérêt de ces flotteurs pour étudier la circulation profonde encore mal connue et l'intérêt des mesures d'oxygène pour étudier le devenir des masses d'eaux et les processus de mélange.
- Un guide accompagnant la mise en oeuvre des flotteurs BGC et la gestion des données est disponible dans Bittig et al. (2019).

### 3.6.2 Faits marquants

#### **Projet H2020 EA-RISE**

Le projet H2020 EARISE a vu sa première année d'activités montrer de premiers résultats :

- Design de l'intégration des nouvelles sondes RBR sur l'Arvor et l'Arvor-Deep
- Début de la mise en place d'un DAC pour l'extension BGC (Coriolis)
- Design d'intégration de nouveaux capteurs bio-optiques sur le PROVOR
- Mise en oeuvre d'un cadre collaboratif de travail pour la communauté Argo. Les outils collaboratifs sont disponibles sur [github.com/euroargodev](https://github.com/euroargodev). Tous ces outils sont gratuits et disponibles pour notre communauté Argo-France, entre autres:
  - Un forum public sur le QC Argo qui sera utilisé par la communauté Argo-France : [github.com/euroargodev/publicQCforum](https://github.com/euroargodev/publicQCforum)
  - Hébergement de codes numériques pour distribution et développement (repositories),
  - Outils de d'organisation et de discussion par équipes
  - Outils de gestion de projets.

#### **Projet ERC REFINE**

Après l'obtention d'une première ERC en 2011 (remOcean), Hervé Claustre a obtenu en 2019 une deuxième ERC (Advanced Grant) pour le projet REFINE. L'objectif scientifique de REFINE ([erc-refine.eu](http://erc-refine.eu)) est de comprendre et de quantifier les processus physiques, biologiques et biogéochimiques qui contrôlent la pompe biologique de carbone, un élément clé de la séquestration du CO<sub>2</sub>. C'est dans la zone mesopélagique (ou twilight zone), entre 200 m et 1000 m que se produisent la majorité des processus clés. Pourtant cette zone représente l'un des écosystèmes les moins bien connus de notre planète. Le

projet REFINE focalisera donc sur l'exploration de la zone méso-pélagique et sera mis en oeuvre au travers de quatre grandes actions coordonnées :

- Développement d'une nouvelle génération de flotteurs profileurs multidisciplinaires, focalisant en particulier sur la composition des communautés de phyto- et de zooplancton.
- Réalisation de ~4 ans d'études robotisés dans cinq zones océaniques, représentatives de la diversité des conditions biogéochimiques et des réponses au changement climatique dans l'océan mondial, sur un continuum d'échelles temporelles allant de l'échelle diurne à l'échelle interannuelle.
- Analyse approfondie de l'ensemble de données REFINE, permettant d'établir des bilans de flux de carbone pour chacune des cinq zones, et comprendre les mécanismes physiques et biogéochimiques impliqués dans le transfert du carbone organique vers les profondeurs des océans.
- « Upscaling » des processus régionaux vers l'océan global, notamment grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle tirant parti des observations multi-sources des robots REFINE et les satellites d'observation de la terre.

### 3.7 Coordination scientifique et animation

En 2019, le label SNO (Service National d'Observation) d'Argo-France a été renouvelé avec succès pour 5 ans lors de la campagne de labellisation 2020-2024 de l'INSU. Cette re-labellisation permet d'assurer la continuité des activités de coordination scientifique d'Argo-France. Le dossier de labellisation dresse le bilan du dernier quinquennat et les perspectives pour 2020-2024. Il est disponible et en libre accès ici :

Kolodziejczyk Nicolas, Cabanes Cecile, D'Ortenzio Fabrizio, Maze Guillaume, Pouliquen Sylvie, Poteau Antoine, Schmechtig Catherine, Thierry Virginie (2019). Application file for renewal of the 'National Observation Service' label (INSU/CNRS) 2020-2024: SNO Argo-France. AF-2019-LABEL-SNO2019. <https://doi.org/10.13155/61055>



Le comité de pilotage d'Argo-France s'est réuni à 5 reprises en 2019 pour préparer les meetings internationaux, analyser les plans de déploiements et suivre les dossiers en cours (GMMC, CPER EURO-ARGO).

Un total de 76 articles de recherche a été co-écrit par des auteurs affiliés à un laboratoire français, 1 thèse utilisant des données Argo a été soutenue dans une université française (UBO). La liste de publications est fournie en annexe de ce document.

Plusieurs événements ont eu lieu en France et ont permis de promouvoir le réseau et sa composante nationale, les événements marquants :

- L'ADMT20 à Villefranche-sur-Mer en octobre 2019.
- Journées GMMC à Toulon les 12-14 juin 2019,
- Le salon/conférence merXXL à Nantes du 29 juin au 10 juillet 2019,

Argo a été présent lors de l'université d'été Mer&Education 2018 (formation interdisciplinaire des enseignants du second degré) à l'IUEM à travers un parcours dédié à l'observation des océans ([www.iuem.univ-brest.fr/mer-education](http://www.iuem.univ-brest.fr/mer-education)). En 2019, l'université d'été Mer&Education a été refondue (année

blanche), pour intégrer notamment le partenariat avec le rectorat de l'académie de Rennes. En 2020, DeepArgo sera présenté pour la nouvelle formule de Mer&Education.

### 3.8 Annexe : Bibliographie Argo-France

Peer reviewed (76):

1. Ardyna, M., L. Lacour, S. Sergi, F. d'Ovidio, J.-B. Sallée, M. Rembauville, S. Blain, A. Tagliabue, R. Schlitzer, C. Jeandel, K. R. Arrigo, and H. Claustre, 2019: Hydrothermal vents trigger massive phytoplankton blooms in the Southern Ocean. *Nature Communications*, 10, 2451, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09973-6>
2. Artana, C., C. Provost, J.-M. Lellouche, M.-H. Rio, R. Ferrari, and N. Sennéchaël, 2019: The Malvinas Current at the Confluence With the Brazil Current: Inferences From 25 Years of Mercator Ocean Reanalysis. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 7178-7200, <https://doi.org/10.1029/2019JC015289>
3. Barbieux Marie, Etude des relations bio-optiques dans l'océan global et du fonctionnement biogéochimique des maxima de subsurface de chlorophylle en Méditerranée à partir des mesures des flotteurs profileurs BGC-Argo. Thèse de doctorat, 2019.
4. Barbieux, M., J. Uitz, B. Gentili, O. Pasqueron de Fommervault, A. Mignot, A. Poteau, C. Schmechtig, V. Taillandier, E. Leymarie, C. Penkerch, F. D'Ortenzio, H. Claustre, and A. Bricaud, 2019: Bio-optical characterization of subsurface chlorophyll maxima in the Mediterranean Sea from a Biogeochemical-Argo float database. *Biogeosciences*, 16, 1321-1342, <https://doi.org/10.5194/bg-16-1321-2019>
5. Bellacicco, M., M. Cornec, E. Organelli, R. J. W. Brewin, G. Neukermans, G. Volpe, M. Barbieux, A. Poteau, C. Schmechtig, F. D'Ortenzio, S. Marullo, H. Claustre, and J. Pitarch, 2019: Global Variability of Optical Backscattering by Non-algal particles From a Biogeochemical-Argo Data Set. *Geophysical Research Letters*, 46, 9767-9776, <https://doi.org/10.1029/2019GL084078>
6. Bellacicco, M., V. Vellucci, M. Scardi, M. Barbieux, S. Marullo, and F. D'Ortenzio, 2019: Quantifying the Impact of Linear Regression Model in Deriving Bio-Optical Relationships: The Implications on Ocean Carbon Estimations. *Sensors*, 19, 3032, <https://doi.org/10.3390/s19133032>
7. Bittig, H. C., T. L. Maurer, J. N. Plant, C. Schmechtig, A. P. S. Wong, H. Claustre, T. W. Trull, T. V. S. Udaya Bhaskar, E. Boss, G. Dall'Olmo, E. Organelli, A. Poteau, K. S. Johnson, C. Hanstein, E. Leymarie, S. Le Reste, S. C. Riser, A. R. Rupan, V. Taillandier, V. Thierry, and X. Xing, 2019: A BGC-Argo Guide: Planning, Deployment, Data Handling and Usage. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00502>
8. 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, 2019: PIRATA: A Sustained Observing System for Tropical Atlantic Climate Research and Forecasting. *Earth and Space Science*, 6, 577-616, <https://doi.org/10.1029/2018EA000428>
9. Boyd, P. W., H. Claustre, M. Levy, D. A. Siegel, and T. Weber, 2019: Multi-faceted particle pumps drive carbon sequestration in the ocean. *Nature*, 568, 327-335, <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1098-2>
10. Caputi, L., Q. Carradec, D. Eveillard, A. Kirilovsky, E. Pelletier, J. J. Pierella Karlusich, F. Rocha Jimenez Vieira, E. Villar, S. Chaffron, S. Malviya, E. Scalco, S. G. Acinas, A. Alberti, J.-M. Aury, A.-S. Benoiston, A. Bertrand, T. Biard, L. Bittner, M. Boccara, J. R. Brum, C. Brunet, G. Busseni, A.

- Carratalà, H. Claustre, L. P. Coelho, S. Colin, S. D'Aniello, C. Da Silva, M. Del Core, H. Doré, S. Gasparini, F. Kokoszka, J.-L. Jamet, C. Lejeune, C. Lepoivre, M. Lescot, G. Lima-Mendez, F. Lombard, J. Lukeš, N. Maillet, M.-A. Madoui, E. Martinez, M. G. Mazzocchi, M. B. Néou, J. Paz-Yepes, J. Poulain, S. Ramondenc, J.-B. Romagnan, S. Roux, D. Salvagio Manta, R. Sanges, S. Speich, M. Sprovieri, S. Sunagawa, V. Taillandier, A. Tanaka, L. Tirichine, C. Trottier, J. Uitz, A. Veluchamy, J. Veselá, F. Vincent, S. Yau, S. Kandels-Lewis, S. Searson, C. Dimier, M. Picheral, T. O. Coordinators, P. Bork, E. Boss, C. de Vargas, M. J. Follows, N. Grimsley, L. Guidi, P. Hingamp, E. Karsenti, P. Sordino, L. Stemann, M. B. Sullivan, A. Tagliabue, A. Zingone, L. Garczarek, F. d'Ortenzio, P. Testor, F. Not, M. R. d'Alcalà, P. Wincker, C. Bowler, and D. Iudicone, 2019: Community-Level Responses to Iron Availability in Open Ocean Plankton Ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, 33, 391-419, <https://doi.org/10.1029/2018GB006022>
11. Cazenave, A., B. Hamlington, M. Horwath, V. R. Barletta, J. Benveniste, D. Chambers, P. Döll, A. E. Hogg, J. F. Legeais, M. Merrifield, B. Meyssignac, G. Mitchum, S. Nerem, R. Pail, H. Palanisamy, F. Paul, K. von Schuckmann, and P. Thompson, 2019: Observational Requirements for Long-Term Monitoring of the Global Mean Sea Level and Its Components Over the Altimetry Era. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00582>
  12. Centurioni, L. R., J. Turton, R. Lumpkin, L. Braasch, G. Brassington, Y. Chao, E. Charpentier, Z. Chen, G. Corlett, K. Dohan, C. Donlon, C. Gallage, V. Hormann, A. Ignatov, B. Ingleby, R. Jensen, B. A. Kelly-Gerreyn, I. M. Koszalka, X. Lin, E. Lindstrom, N. Maximenko, C. J. Merchant, P. Minnett, A. O'Carroll, T. Paluszkiwicz, P. Poli, P.-M. Poulain, G. Reverdin, X. Sun, V. Swail, S. Thurston, L. Wu, L. Yu, B. Wang, and D. Zhang, 2019: Global in situ Observations of Essential Climate and Ocean Variables at the Air–Sea Interface. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00419>
  13. Ciani, D., R. Santoleri, G. L. Liberti, C. Prigent, C. Donlon, and B. Buongiorno Nardelli, 2019: Copernicus Imaging Microwave Radiometer (CIMR) Benefits for the Copernicus Level 4 Sea-Surface Salinity Processing Chain. *Remote Sensing*, 11, 1818, <https://doi.org/10.3390/rs11151818>
  14. Colin de Verdière, A., T. Meunier, and M. Ollitrault, 2019: Meridional Overturning and Heat Transport From Argo Floats Displacements and the Planetary Geostrophic Method (PGM): Application to the subpolar North Atlantic. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 6270-6285, <https://doi.org/10.1029/2018JC014565>
  15. Cossarini, G., L. Mariotti, L. Feudale, A. Mignot, S. Salon, V. Taillandier, A. Teruzzi, and F. D'Ortenzio, 2019: Towards operational 3D-Var assimilation of chlorophyll Biogeochemical-Argo float data into a biogeochemical model of the Mediterranean Sea. *Ocean Modelling*, 133, 112-128, <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2018.11.005>
  16. Da, N. D., M. Herrmann, R. Morrow, F. Niño, N. M. Huan, and N. Q. Trinh, 2019: Contributions of Wind, Ocean Intrinsic Variability, and ENSO to the Interannual Variability of the South Vietnam Upwelling: A Modeling Study. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 6545-6574, <https://doi.org/10.1029/2018JC014647>
  17. de Marez, C., P. L'Hégaret, M. Morvan, and X. Carton, 2019: On the 3D structure of eddies in the Arabian Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 150, 103057, <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.06.003>
  18. De Mey-Frémaux, P., N. Ayoub, A. Barth, R. Brewin, G. Charria, F. Campuzano, S. Ciavatta, M. Cirano, C. A. Edwards, I. Federico, S. Gao, I. Garcia Hermosa, M. Garcia Sotillo, H. Hewitt, L. R. Hole, J. Holt, R. King, V. Kourafalou, Y. Lu, B. Mourre, A. Pascual, J. Staneva, E. V. Stanev, H. Wang, and X. Zhu, 2019: Model-Observations Synergy in the Coastal Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00436>

19. Delcroix, T., A. Chaigneau, D. Soviadan, J. Boutin, and C. Pegliasco, 2019: Eddy-Induced Salinity Changes in the Tropical Pacific. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 374-389, <https://doi.org/10.1029/2018JC014394>
20. deYoung, B., M. Visbeck, M. C. de Araujo Filho, M. O. N. Baringer, C. Black, E. Buch, G. Canonico, P. Coelho, J. T. Duha, M. Edwards, A. Fischer, J.-S. Fritz, S. Ketelhake, J.-H. Muelbert, P. Monteiro, G. Nolan, E. O'Rourke, M. Ott, P. Y. Le Traon, S. Pouliquen, I. Sousa-Pinto, T. Tanhua, F. V. Velho, and Z. Willis, 2019: An Integrated All-Atlantic Ocean Observing System in 2030. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00428>
21. Dilmahamod, A. F., P. Penven, B. Aguiar-González, C. J. C. Reason, and J. C. Hermes, 2019: A New Definition of the South-East Madagascar Bloom and Analysis of Its Variability. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 1717-1735, <https://doi.org/10.1029/2018JC014582>
22. Dinnat, E. P., D. M. Le Vine, J. Boutin, T. Meissner, and G. Lagerloef, 2019: Remote Sensing of Sea Surface Salinity: Comparison of Satellite and In Situ Observations and Impact of Retrieval Parameters. *Remote Sensing*, 11, 750, <https://dx.doi.org/10.3390/rs11070750>
23. Dossa, A. N., C. Y. Da-Allada, G. Herbert, and B. Bourlès, 2019: Seasonal cycle of the salinity barrier layer revealed in the northeastern Gulf of Guinea. *African Journal of Marine Science*, 41, 163-175, <https://doi.org/10.2989/1814232X.2019.1616612>
24. Etourneau, J., G. Sgubin, X. Crosta, D. Swingedouw, V. Willmott, L. Barbara, M.-N. Houssais, S. Schouten, J. S. S. Damsté, H. Goosse, C. Escutia, J. Crespin, G. Massé, and J.-H. Kim, 2019: Ocean temperature impact on ice shelf extent in the eastern Antarctic Peninsula. *Nature Communications*, 10, 304, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08195-6>
25. Fennel, K., M. Gehlen, P. Brasseur, C. W. Brown, S. Ciavatta, G. Cossarini, A. Crise, C. A. Edwards, D. Ford, M. A. M. Friedrichs, M. Gregoire, E. Jones, H.-C. Kim, J. Lamouroux, R. Murtugudde, C. Perruche, t. G. O. M. E. A. , and P. T. Team, 2019: Advancing Marine Biogeochemical and Ecosystem Reanalyses and Forecasts as Tools for Monitoring and Managing Ecosystem Health. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00089>
26. Fernández-Castro, B., M. Álvarez, M. Nieto-Cid, P. Zunino, H. Mercier, and X. A. Álvarez-Salgado, 2019: Dissolved Organic Nitrogen Production and Export by Meridional Overturning in the Eastern Subpolar North Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 46, 3832-3842, <https://doi.org/10.1029/2018GL080284>
27. Feucher, C., G. Maze, and H. Mercier, 2019: Subtropical Mode Water and Permanent Pycnocline Properties in the World Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 1139-1154, <https://doi.org/10.1029/2018JC014526>
28. Foltz, G. R., P. Brandt, I. Richter, B. Rodríguez-Fonseca, F. Hernandez, M. Dengler, R. R. Rodrigues, J. O. Schmidt, L. Yu, N. Lefevre, L. C. Da Cunha, M. J. McPhaden, M. Araujo, J. Karstensen, J. Hahn, M. Martín-Rey, C. M. Patricola, P. Poli, P. Zuidema, R. Hummels, R. C. Perez, V. Hatje, J. F. Lübbecke, I. Polo, R. Lumpkin, B. Bourlès, F. E. Asuquo, P. Lehodey, A. Conchon, P. Chang, P. Dandin, C. Schmid, A. Sutton, H. Giordani, Y. Xue, S. Illig, T. Losada, S. A. Grodsky, F. Gasparin, T. Lee, E. Mohino, P. Nobre, R. Wanninkhof, N. Keenlyside, V. Garcon, E. Sánchez-Gómez, H. C. Nnamchi, M. Drévillon, A. Storto, E. Remy, A. Lazar, S. Speich, M. Goes, T. Dorrington, W. E. Johns, J. N. Moum, C. Robinson, C. Perruche, R. B. de Souza, A. T. Gaye, J. López-Parages, P.-A. Monerie, P. Castellanos, N. U. Benson, M. N. Hounkonnou, J. T. Duhá, R. Laxenaire, and N. Reul, 2019: The Tropical Atlantic Observing System. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00206>
29. Frajka-Williams E, Ansorge IJ, Baehr J, Bryden HL, Chidichimo MP, Cunningham SA, Danabasoglu G, Dong S, Donohue KA, Elipot S, Heimbach P, Holliday NP, Hummels R, Jackson LC, Karstensen J, Lankhorst M, Le Bras IA, Lozier MS, McDonagh EL, Meinen CS, Mercier H, Moat BI, Perez RC,

- Piecuch CG, Rhein M, Srokosz MA, Trenberth KE, Bacon S, Forget G, Goni G, Kieke D, Koelling J, Lamont T, McCarthy GD, Mertens C, Send U, Smeed DA, Speich S, van den Berg M, Volkov D and Wilson C (2019). Atlantic Meridional Overturning Circulation: Observed Transport and Variability. *Front. Mar. Sci.* 6:260. doi: 10.3389/fmars.2019.00260
30. Fujii, Y., E. Rémy, H. Zuo, P. Oke, G. Halliwell, F. Gasparin, M. Benkiran, N. Loose, J. Cummings, J. Xie, Y. Xue, S. Masuda, G. C. Smith, M. Balmaseda, C. Germaineaud, D. J. Lea, G. Larnicol, L. Bertino, A. Bonaduce, P. Brasseur, C. Donlon, P. Heimbach, Y. Kim, V. Kourafalou, P.-Y. Le Traon, M. Martin, S. Paturi, B. Tranchant, and N. Usui, 2019: Observing System Evaluation Based on Ocean Data Assimilation and Prediction Systems: On-Going Challenges and a Future Vision for Designing and Supporting Ocean Observational Networks. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00417>
  31. Gasparin, F., S. Guinehut, C. Mao, I. Mirouze, E. Rémy, R. R. King, M. Hamon, R. Reid, A. Storto, P.-Y. Le Traon, M. J. Martin, and S. Masina, 2019: Requirements for an Integrated in situ Atlantic Ocean Observing System from Coordinated Observing System Simulation Experiments. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00083>
  32. Germaineaud, C., J.-M. Brankart, and P. Brasseur, 2019: An Ensemble-Based Probabilistic Score Approach to Compare Observation Scenarios: An Application to Biogeochemical-Argo Deployments. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 36, 2307-2326, <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-19-0002.1>
  33. Gittings, J. A., D. E. Raitsos, M. Kheireddine, M.-F. Racault, H. Claustre, and I. Hoteit, 2019: Evaluating tropical phytoplankton phenology metrics using contemporary tools. *Scientific Reports*, 9, 674, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37370-4>
  34. González-Pola, C., P. Fratantoni, K. M. H. Larsen, N. P. Holliday, S. Dye, K. A. Mork, A. Beszczynska-Möller, H. Valdimarsson, A. Trofimov, H. Parner, H. Klein, B. Cisewski, A. Fontán, K. Lyons, N. Kolodziejczyk, R. Graña, J. Linders, T. Wodzinowski, I. Goszczko, and C. Cusack, 2019: The ICES Working Group on Oceanic Hydrography: A Bridge From In-situ Sampling to the Remote Autonomous Observation Era. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00196>
  35. Grodsky, S. A., N. Reul, A. Bentamy, D. Vandemark, and S. Guimbard, 2019: Eastern Mediterranean salinification observed in satellite salinity from SMAP mission. *Journal of Marine Systems*, 198, 103190, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2019.103190>
  36. Gutknecht, E., G. Reffray, A. Mignot, T. Dabrowski, and M. G. Sotillo, 2019: Modelling the marine ecosystem of Iberia–Biscay–Ireland (IBI) European waters for CMEMS operational applications. *Ocean Sci.*, 15, 1489-1516, <https://doi.org/10.5194/os-15-1489-2019>
  37. Kersalé, M., R. C. Perez, S. Speich, C. S. Meinen, T. Lamont, M. Le Hénaff, M. A. van den Berg, S. Majumder, I. J. Ansorge, S. Dong, C. Schmid, T. Terre, and S. L. Garzoli, 2019: Shallow and Deep Eastern Boundary Currents in the South Atlantic at 34.5°S: Mean Structure and Variability. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 1634-1659, <https://doi.org/10.1029/2018JC014554>
  38. Kolodziejczyk, N., W. Llovel, and E. Portela, 2019: Interannual Variability of Upper Ocean Water Masses as Inferred from Argo Array. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 6067-6085, <https://doi.org/10.1029/2018JC014866>
  39. Kudryavtsev, V., A. Monzikova, C. Combot, B. Chapron, and N. Reul, 2019: A Simplified Model for the Baroclinic and Barotropic Ocean Response to Moving Tropical Cyclones: 2. Model and Simulations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 3462-3485, <https://doi.org/10.1029/2018JC014747>
  40. Kudryavtsev, V., A. Monzikova, C. Combot, B. Chapron, N. Reul, and Y. Quilfen, 2019: A Simplified Model for the Baroclinic and Barotropic Ocean Response to Moving Tropical Cyclones: 1. Satellite

- Observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 3446-3461, <https://doi.org/10.1029/2018JC014746>
41. Lacour, L., N. Briggs, H. Claustre, M. Ardyna, and G. Dall'Olmo, 2019: The Intraseasonal Dynamics of the Mixed Layer Pump in the Subpolar North Atlantic Ocean: A Biogeochemical-Argo Float Approach. *Global Biogeochemical Cycles*, 33, 266-281, <https://doi.org/10.1029/2018GB005997>
  42. Le Traon, P. Y., A. Reppucci, E. Alvarez Fanjul, L. Aouf, A. Behrens, M. Belmonte, A. Bentamy, L. Bertino, V. E. Brando, M. B. Kreiner, M. Benkiran, T. Carval, S. A. Ciliberti, H. Claustre, E. Clementi, G. Coppini, G. Cossarini, M. De Alfonso Alonso-Muñoyerro, A. Delamarche, G. Dibarboure, F. Dinessen, M. Dreviron, Y. Drillet, Y. Faugere, V. Fernández, A. Fleming, M. I. Garcia-Hermosa, M. G. Sotillo, G. Garric, F. Gasparin, C. Giordan, M. Gehlen, M. L. Gregoire, S. Guinehut, M. Hamon, C. Harris, F. Hernandez, J. B. Hinkler, J. Hoyer, J. Karvonen, S. Kay, R. King, T. Lavergne, B. Lemieux-Dudon, L. Lima, C. Mao, M. J. Martin, S. Masina, A. Melet, B. Buongiorno Nardelli, G. Nolan, A. Pascual, J. Pistoia, A. Palazov, J. F. Piolle, M. I. Pujol, A. C. Pequignet, E. Peneva, B. Pérez Gómez, L. Petit de la Villeon, N. Pinardi, A. Pisano, S. Pouliquen, R. Reid, E. Remy, R. Santoleri, J. Siddorn, J. She, J. Staneva, A. Stoffelen, M. Tonani, L. Vandenbulcke, K. von Schuckmann, G. Volpe, C. Wettre, and A. Zacharioudaki, 2019: From Observation to Information and Users: The Copernicus Marine Service Perspective. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00234>
  43. Llovel, W., S. Purkey, B. Messygnac, A. Vazquez, N. Kolodziejczyk and J. Bamber, 2019: Global ocean freshening and sea level rising since 2005, 9:17717 *Nature Scientific Report*.doi:10.1038/s41598-019-54239-2.
  44. Liu, W., A. Fedorov, and F. Sévellec, 2019: The Mechanisms of the Atlantic Meridional Overturning Circulation Slowdown Induced by Arctic Sea Ice Decline. *Journal of Climate*, 32, 977-996, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0231.1>
  45. Lozier, M. S., F. Li, S. Bacon, F. Bahr, A. S. Bower, S. A. Cunningham, M. F. de Jong, L. de Steur, B. deYoung, J. Fischer, S. F. Gary, B. J. W. Greenan, N. P. Holliday, A. Houk, L. Houpert, M. E. Inall, W. E. Johns, H. L. Johnson, C. Johnson, J. Karstensen, G. Koman, I. A. Le Bras, X. Lin, N. Mackay, D. P. Marshall, H. Mercier, M. Oltmanns, R. S. Pickart, A. L. Ramsey, D. Rayner, F. Straneo, V. Thierry, D. J. Torres, R. G. Williams, C. Wilson, J. Yang, I. Yashayaev, and J. Zhao, 2019: A sea change in our view of overturning in the subpolar North Atlantic. *Science*, 363, 516-521, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aau6592>
  46. Meijers, A., J. B. Sallee, A. Grey, K. Johnson, K. R. arrigo, S. Swart, B. King, M. P. Meredith, and M. Mazloff, 2019: Antarctica and the Southern Ocean: Southern Ocean in the State of the Climate in 2018. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 100, S181-S184, <https://doi.org/10.1175/2019BAMSStateoftheClimate.1>
  47. Ménesguen, C., A. Delpech, F. Marin, S. Cravatte, R. Schopp, and Y. Morel, 2019: Observations and Mechanisms for the Formation of Deep Equatorial and Tropical Circulation. *Earth and Space Science*, 6, 370-386, <https://doi.org/10.1029/2018EA000438>
  48. Meyssignac, B., T. Boyer, Z. Zhao, M. Z. Hakuba, F. W. Landerer, D. Stammer, A. Köhl, S. Kato, T. L'Ecuyer, M. Ablain, J. P. Abraham, A. Blazquez, A. Cazenave, J. A. Church, R. Cowley, L. Cheng, C. M. Domingues, D. Giglio, V. Gouretski, M. Ishii, G. C. Johnson, R. E. Killick, D. Legler, W. Llovel, J. Lyman, M. D. Palmer, S. Piotrowicz, S. G. Purkey, D. Roemmich, R. Roca, A. Savita, K. v. Schuckmann, S. Speich, G. Stephens, G. Wang, S. E. Wijffels, and N. Zilberman, 2019: Measuring Global Ocean Heat Content to Estimate the Earth Energy Imbalance. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00432>
  49. Mignot, A., F. D'Ortenzio, V. Taillandier, G. Cossarini, and S. Salon, 2019 : Quantifying Observational Errors in Biogeochemical-Argo Oxygen, Nitrate, and Chlorophyll a Concentrations. *Geophysical Research Letters*, 46, 4330-4337, <https://doi.org/10.1029/2018GL080541>

50. Moltmann, T., J. Turton, H.-M. Zhang, G. Nolan, C. Gouldman, L. Griesbauer, Z. Willis, Á. M. Piniella, S. Barrell, E. Andersson, C. Gallage, E. Charpentier, M. Belbeoch, P. Poli, A. Rea, E. F. Burger, D. M. Legler, R. Lumpkin, C. Meinig, K. O'Brien, K. Saha, A. Sutton, D. Zhang, and Y. Zhang, 2019: A Global Ocean Observing System (GOOS), Delivered Through Enhanced Collaboration Across Regions, Communities, and New Technologies. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00291>
51. Organelli, E. and H. Claustre, 2019: Small Phytoplankton Shapes Colored Dissolved Organic Matter Dynamics in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Geophysical Research Letters*, 46, 12183-12191, <https://doi.org/10.1029/2019GL084699>
52. Palmer, M. D., P. J. Durack, M. P. Chidichimo, J. A. Church, S. Cravatte, K. Hill, J. A. Johannessen, J. Karstensen, T. Lee, D. Legler, M. Mazloff, E. Oka, S. Purkey, B. Rabe, J.-B. Sallée, B. M. Sloyan, S. Speich, K. von Schuckmann, J. Willis, and S. Wijffels, 2019: Adequacy of the Ocean Observation System for Quantifying Regional Heat and Freshwater Storage and Change. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00416>
53. Park, Y.-H., T. Park, T.-W. Kim, S.-H. Lee, C.-S. Hong, J.-H. Lee, M.-H. Rio, M.-I. Pujol, M. Ballarotta, I. Durand, and C. Provost, 2019: Observations of the Antarctic Circumpolar Current Over the Udintsev Fracture Zone, the Narrowest Choke Point in the Southern Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 4511-4528, <https://doi.org/10.1029/2019JC015024>
54. Pauthenet, E., F. Roquet, G. Madec, J.-B. Sallée, and D. Nerini, 2019: The Thermohaline Modes of the Global Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 49, 2535-2552, <https://doi.org/10.1175/JPO-D-19-0120.1>
55. Pearlman, J., M. Bushnell, L. Coppola, J. Karstensen, P. L. Buttigieg, F. Pearlman, P. Simpson, M. Barbier, F. E. Muller-Karger, C. Munoz-Mas, P. Pissierssens, C. Chandler, J. Hermes, E. Heslop, R. Jenkyns, E. P. Achterberg, M. Bensi, H. C. Bittig, J. Blandin, J. Bosch, B. Bourles, R. Bozzano, J. J. H. Buck, E. F. Burger, D. Cano, V. Cardin, M. C. Llorens, A. Cianca, H. Chen, C. Cusack, E. Delory, R. Garello, G. Giovanetti, V. Harscoat, S. Hartman, R. Heitsenrether, S. Jirka, A. Lara-Lopez, N. Lantéri, A. Leadbetter, G. Manzella, J. Maso, A. McCurdy, E. Moussat, M. Ntoumas, S. Pensieri, G. Petihakis, N. Pinardi, S. Pouliquen, R. Przeslawski, N. P. Roden, J. Silke, M. N. Tamburri, H. Tang, T. Tanhua, M. Telszewski, P. Testor, J. Thomas, C. Waldmann, and F. Whoriskey, 2019: Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00277>
56. Pinardi, N., J. Stander, D. M. Legler, K. O'Brien, T. Boyer, T. Cuff, P. Bahurel, M. Belbeoch, S. Belov, S. Brunner, E. Burger, T. Carval, D. Chang-Seng, E. Charpentier, S. Ciliberti, G. Coppini, A. Fischer, E. Freeman, C. Gallage, H. Garcia, L. Gates, Z. Gong, J. Hermes, E. Heslop, S. Grimes, K. Hill, K. Horsburgh, A. Iona, S. Mancini, N. Moodie, M. Ouellet, P. Pissierssens, P. Poli, R. Proctor, N. Smith, C. Sun, V. Swail, J. Turton, and Y. Xinyang, 2019: The Joint IOC (of UNESCO) and WMO Collaborative Effort for Met-Ocean Services. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00410>
57. Racapé, V., V. Thierry, H. Mercier, and C. Cabanes, 2019: ISOW Spreading and Mixing as Revealed by Deep-Argo Floats Launched in the Charlie-Gibbs Fracture Zone. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124, 6787-6808, <https://doi.org/10.1029/2019JC015040>
58. Reeve, K. A., O. Boebel, V. Strass, T. Kanzow, and R. Gerdes, 2019: Horizontal circulation and volume transports in the Weddell Gyre derived from Argo float data. *Progress in Oceanography*, 175, 263-283, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.04.006>
59. Reeves Eyre, J. E. J., L. Van Roekel, X. Zeng, M. A. Brunke, and J.-C. Golaz, 2019: Ocean Barrier Layers in the Energy Exascale Earth System Model. *Geophysical Research Letters*, 46, 8234-8243, <https://doi.org/10.1029/2019GL083591>

60. Reverdin, G., A. R. Friedman, L. Chafik, N. P. Holliday, T. Szekely, H. Valdimarsson, and I. Yashayaev, 2019: North Atlantic extratropical and subpolar gyre variability during the last 120 years: a gridded dataset of surface temperature, salinity, and density. Part 1: dataset validation and RMS variability. *Ocean Dynamics*, 69, 385-403, <https://doi.org/10.1007/s10236-018-1240-y>
61. Roemmich, D., M. H. Alford, H. Claustre, K. Johnson, B. King, J. Moum, P. Oke, W. B. Owens, S. Pouliquen, S. Purkey, M. Scanderbeg, T. Suga, S. Wijffels, N. Zilberman, D. Bakker, M. Baringer, M. Belbeoch, H. C. Bittig, E. Boss, P. Calil, F. Carse, T. Carval, F. Chai, D. Ó. Conchubhair, F. d'Ortenzio, G. Dall'Olmo, D. Desbruyeres, K. Fennel, I. Fer, R. Ferrari, G. Forget, H. Freeland, T. Fujiki, M. Gehlen, B. Greenan, R. Hallberg, T. Hibiya, S. Hosoda, S. Jayne, M. Jochum, G. C. Johnson, K. Kang, N. Kolodziejczyk, A. Körtzinger, P.-Y. L. Traon, Y.-D. Lenn, G. Maze, K. A. Mork, T. Morris, T. Nagai, J. Nash, A. N. Garabato, A. Olsen, R. R. Pattabhi, S. Prakash, S. Riser, C. Schmechtig, C. Schmid, E. Shroyer, A. Sterl, P. Sutton, L. Talley, T. Tanhua, V. Thierry, S. Thomalla, J. Toole, A. Troisi, T. W. Trull, J. Turton, P. J. Velez-Belchi, W. Walczowski, H. Wang, R. Wanninkhof, A. F. Waterhouse, S. Waterman, A. Watson, C. Wilson, A. P. S. Wong, J. Xu, and I. Yasuda, 2019: On the Future of Argo: A Global, Full-Depth, Multi-Disciplinary Array. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00439>
62. Seyfried, L., C. Estournel, P. Marsaleix, and E. Richard, 2019: Dynamics of the North Balearic Front during an autumn tramontane and mistral storm: air–sea coupling processes and stratification budget diagnostic. *Ocean Sci.*, 15, 179-198, <https://doi.org/10.5194/os-15-179-2019>
63. Sloyan, B. M., R. Wanninkhof, M. Kramp, G. C. Johnson, L. D. Talley, T. Tanhua, E. McDonagh, C. Cusack, E. O'Rourke, E. McGovern, K. Katsumata, S. Diggs, J. Hummon, M. Ishii, K. Azetsu-Scott, E. Boss, I. Ansorge, F. F. Perez, H. Mercier, M. J. M. Williams, L. Anderson, J. H. Lee, A. Murata, S. Kouketsu, E. Jeansson, M. Hoppema, and E. Campos, 2019: The Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program (GO-SHIP): A Platform for Integrated Multidisciplinary Ocean Science. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00445>
64. Smith, G. C., R. Allard, M. Babin, L. Bertino, M. Chevallier, G. Corlett, J. Crout, F. Davidson, B. Delille, S. T. Gille, D. Hebert, P. Hyder, J. Intrieri, J. Lagunas, G. Larnicol, T. Kaminski, B. Kater, F. Kauker, C. Marec, M. Mazloff, E. J. Metzger, C. Mordy, A. O'Carroll, S. M. Olsen, M. Phelps, P. Posey, P. Prandi, E. Rehm, P. Reid, I. Rigor, S. Sandven, M. Shupe, S. Swart, O. M. Smedstad, A. Solomon, A. Storto, P. Thibaut, J. Toole, K. Wood, J. Xie, Q. Yang, and t. W. P. S. G. , 2019: Polar Ocean Observations: A Critical Gap in the Observing System and Its Effect on Environmental Predictions From Hours to a Season. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00429>
65. Smith, N., W. S. Kessler, S. Cravatte, J. Sprintall, S. Wijffels, M. F. Cronin, A. Sutton, Y. L. Serra, B. Dewitte, P. G. Strutton, K. Hill, A. Sen Gupta, X. Lin, K. Takahashi, D. Chen, and S. Brunner, 2019: Tropical Pacific Observing System. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00031>
66. Sprintall, J., A. L. Gordon, S. E. Wijffels, M. Feng, S. Hu, A. Koch-Larrouy, H. Phillips, D. Nugroho, A. Napitu, K. Pujiana, R. D. Susanto, B. Sloyan, D. Yuan, N. F. Riama, S. Siswanto, A. Kuswardani, Z. Arifin, A. a. J. Wahyudi, H. Zhou, T. Nagai, J. K. Ansong, R. Bourdalle-Badié, J. Chanut, F. Lyard, B. K. Arbic, A. Ramdhani, and A. Setiawan, 2019 : Detecting Change in the Indonesian Seas. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00257>
67. Stammer, D., A. Bracco, K. AchutaRao, L. Beal, N. L. Bindoff, P. Braconnot, W. Cai, D. Chen, M. Collins, G. Danabasoglu, B. Dewitte, R. Farneti, B. Fox-Kemper, J. Fyfe, S. M. Griffies, S. R. Jayne, A. Lazar, M. Lengaigne, X. Lin, S. Marsland, S. Minobe, P. M. S. Monteiro, W. Robinson, M. K. Roxy, R. R. Rykaczewski, S. Speich, I. J. Smith, A. Solomon, A. Storto, K. Takahashi, T. Toniazzo, and J. Vialard, 2019: Ocean Climate Observing Requirements in Support of Climate Research and Climate Information. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00444>

68. Storto, A., A. Alvera-Azcárate, M. A. Balmaseda, A. Barth, M. Chevallier, F. Counillon, C. M. Domingues, M. Drevillon, Y. Drillet, G. Forget, G. Garric, K. Haines, F. Hernandez, D. Iovino, L. C. Jackson, J.-M. Lellouche, S. Masina, M. Mayer, P. R. Oke, S. G. Penny, K. A. Peterson, C. Yang, and H. Zuo, 2019: Ocean Reanalyses: Recent Advances and Unsolved Challenges. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00418>
69. Storto, A., S. Masina, S. Simoncelli, D. Iovino, A. Cipollone, M. Drevillon, Y. Drillet, K. von Schuckman, L. Parent, G. Garric, E. Greiner, C. Desportes, H. Zuo, M. A. Balmaseda, and K. A. Peterson, 2019: The added value of the multi-system spread information for ocean heat content and steric sea level investigations in the CMEMS GREP ensemble reanalysis product. *Climate Dynamics*, 53, 287-312, <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4585-5>
70. Terzić, E., P. Lazzari, E. Organelli, C. Solidoro, S. Salon, F. D'Ortenzio, and P. Conan, 2019: Merging bio-optical data from Biogeochemical-Argo floats and models in marine biogeochemistry. *Biogeosciences*, 16, 2527-2542, <https://doi.org/10.5194/bg-16-2527-2019>
71. Tilbrook, B., E. B. Jewett, M. D. DeGrandpre, J. M. Hernandez-Ayon, R. A. Feely, D. K. Gledhill, L. Hansson, K. Isensee, M. L. Kurz, J. A. Newton, S. A. Siedlecki, F. Chai, S. Dupont, M. Graco, E. Calvo, D. Greeley, L. Kapsenberg, M. Lebrech, C. Pelejero, K. L. Schoo, and M. Telszewski, 2019: An Enhanced Ocean Acidification Observing Network: From People to Technology to Data Synthesis and Information Exchange. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00337>
72. Tintoré, J. and N. Pinardi and E. Álvarez-Fanjul and E. Aguiar and D. Álvarez-Berastegui and M. Bajo and R. Balbin and R. Bozzano and B. B. Nardelli and V. Cardin and B. Casas and M. Charcos-Llorens and J. Chiggiato and E. Clementi and G. Coppini and L. Coppola and G. Cossarini and A. Deidun and S. Deudero and F. D'Ortenzio and A. Drago and M. Drudi and G. El Serafy and R. Escudier and P. Farcy and I. Federico and J. G. Fernández and C. Ferrarin and C. Fossia and C. Frangoulis and F. Galgani and S. Gana and J. García Lafuente and M. G. Sotillo and P. Garreau and I. Gertman and L. Gómez-Pujol and A. Grandi and D. Hayes and J. Hernández-Lasheras and B. Herut and E. Heslop and K. Hilmi and M. Juza and G. Kallos and G. Korres and R. Lecci and P. Lazzari and P. Lorente and S. Liubartseva and F. Louanchi and V. Malacic and G. Mannarini and D. Marchand S. Marullo and E. Mauri and L. Meszaros and B. Mourre and L. Mortier and C. Muñoz-Mas and A. Novellino and D. Obaton and A. Orfila and A. Pascual and S. Pensieri and B. Pérez Gómez and S. Pérez Rubio and L. Perivoliotis and G. Petihakis and L. P. de la Villéon and J. Pistoia and P.-M. Poulain and S. Pouliquen and L. Prieto and P. Raimbault and P. Reglero and E. Reyes and P. Rotllan and S. Ruiz and J. Ruiz and I. Ruiz and L. F. Ruiz-Orejón and B. Salihoglu and S. Salon and S. Sammartino and A. Sánchez Arcilla and A. Sánchez-Román and G. Sannino and R. Santoleri and R. Sardá and K. Schroeder and S. Simoncelli and S. Sofianos and G. Sylaios and T. Tanhua and A. Teruzzi and P. Testor and D. Tezcan and M. Torner and F. Trotta and G. Umgiesser and K. von Schuckmann and G. Verri and I. Vilibic and M. Yucel and M. Zavatarelli and G. Zodiatis, 2019: Challenges for Sustained Observing and Forecasting Systems in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00568>
73. Todd, R. E., F. P. Chavez, S. Clayton, S. Cravatte, M. Goes, M. Graco, X. Lin, J. Sprintall, N. V. Zilberman, M. Archer, J. Arístegui, M. Balmaseda, J. M. Bane, M. O. Baringer, J. A. Barth, L. M. Beal, P. Brandt, P. H. R. Calil, E. Campos, L. R. Centurioni, M. P. Chidichimo, M. Cirano, M. F. Cronin, E. N. Curchitser, R. E. Davis, M. Dengler, B. deYoung, S. Dong, R. Escribano, A. J. Fassbender, S. E. Fawcett, M. Feng, G. J. Goni, A. R. Gray, D. Gutiérrez, D. Hebert, R. Hummels, S.-i. Ito, M. Krug, F. Lacan, L. Laurindo, A. Lazar, C. M. Lee, M. Lengaigne, N. M. Levine, J. Middleton, I. Montes, M. Muglia, T. Nagai, H. I. Palevsky, J. B. Palter, H. E. Phillips, A. Piola, A. J. Plueddemann, B. Qiu, R. R. Rodrigues, M. Roughan, D. L. Rudnick, R. R. Rykaczewski, M. Saraceno, H. Seim, A. S. Gupta, L. Shannon, B. M. Sloyan, A. J. Sutton, L. Thompson, A. K. v. d. Plas, D. Volkov, J. Wilkin, D. Zhang, and L. Zhang, 2019: Global Perspectives on Observing Ocean Boundary Current Systems. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00423>

74. Trott, C. B., B. Subrahmanyam, A. Chaigneau, and H. L. Roman-Stork, 2019: Eddy-Induced Temperature and Salinity Variability in the Arabian Sea. *Geophysical Research Letters*, 46, 2734-2742, <https://doi.org/10.1029/2018GL081512>
75. Vinogradova, N., T. Lee, J. Boutin, K. Drushka, S. Fournier, R. Sabia, D. Stammer, E. Bayler, N. Reul, A. Gordon, O. Melnichenko, L. Li, E. Hackert, M. Martin, N. Kolodziejczyk, A. Hasson, S. Brown, S. Misra, and E. Lindstrom, 2019: Satellite Salinity Observing System: Recent Discoveries and the Way Forward. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00243>
76. Voldoire, A., D. Saint-Martin, S. S n si, B. Decharme, A. Alias, M. Chevallier, J. Colin, J.-F. Gu r my, M. Michou, M.-P. Moine, P. Nabat, R. Roehrig, D. Salas y M lia, R. S f rian, S. Valcke, I. Beau, S. Belamari, S. Berthet, C. Cassou, J. Cattiaux, J. Deshayes, H. Douville, C. Eth , L. Franchist guy, O. Geoffroy, C. L vy, G. Madec, Y. Meurdesoif, R. Msadek, A. Ribes, E. Sanchez-Gomez, L. Terray, and R. Waldman, 2019: Evaluation of CMIP6 DECK Experiments With CNRM-CM6-1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 11, 2177-2213, <https://doi.org/10.1029/2019MS001683>
77. Wang, Z. A., H. Moustahfid, A. V. Mueller, A. P. M. Michel, M. Mowlem, B. T. Glazer, T. A. Mooney, W. Michaels, J. S. McQuillan, J. C. Robidart, J. Churchill, M. Sourisseau, A. Daniel, A. Schaap, S. Monk, K. Friedman, and P. Brehmer, 2019: Advancing Observation of Ocean Biogeochemistry, Biology, and Ecosystems With Cost-Effective in situ Sensing Technologies. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00519>



MAZE Guillaume

*Ifremer* Centre Bretagne[guillaume.maze@ifremer.fr](mailto:guillaume.maze@ifremer.fr)



## 4. CONTRIBUTION DU SNO SSS

### Préambule

Les mesures françaises de salinité par navires de commerce qui sont à l'origine du SNO SSS (Sea Surface Salinity) ont débuté à Nouméa en 1969, il y a 50 ans. Pour marquer cet anniversaire, nous avons écrit un article retraçant l'évolution de ce réseau jusqu'à son état actuel et ses principales contributions scientifiques (Alory *et al.*, 2020). En 2019, le SNO SSS a été relabellisé par l'INSU pour la période 2020-2024, et son périmètre a été élargi. En plus des navires de commerce, le SNO-SSS est désormais responsable du suivi temps réel des données de thermosalinographes (TSG) des navires de recherche français et du traitement temps différé de celles-ci (navires hauturiers uniquement). Nous avons contribué à un white paper OceanObs'19 sur les observations de surface à partir de navires (Smith *et al.*, 2019). A cette occasion, un recensement des données TSG disponibles au niveau mondial a été effectué, et a montré que le SNO SSS représentait la majorité d'entre elles (Figure 1). Ce rapport d'activité s'organise en fonction des missions dévolues aux SNO, à savoir la collecte, la validation, la mise à disposition, la valorisation des données. Des informations d'ordre général sur le SNO-SSS sont disponibles sous <http://www.legos.obs-mip.fr/observations/sss/>.

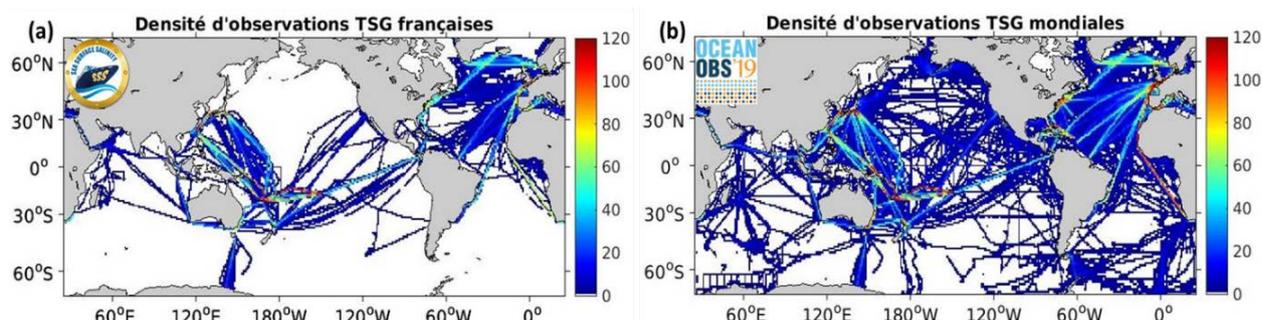


Figure 1. Comparaison de la densité d'observations TSG françaises (a) du SNO SSS et des navires de recherche, et mondiales (b) sur la période 2000-2010, en nombre de mois observés sur une grille de 1°x1°.

### 4.1 Acquisition

L'acquisition de données de salinité de surface (SSS) par TSG a été effectuée en collaboration avec l'US IMAGO sur onze navires de commerce en 2019, à savoir : le Colibri, le Toucan, le Nuka Arctica, le Cap San Lorenzo, le Hawk Hunter, le Coral Islander 2, le Tropical Islander, le South Islander, le Pacific Islander 2, et le Seatrade Blue, auxquels il faut ajouter l'Astrolabe (collaboration avec le CSIRO), navire ravitailleur de la base Antarctique française Dumont d'Urville (Figure 2). Le Sea Trade Blue a succédé au Pointe des Salines sur la ligne Europe-Australie via Panama (en jaune sur la carte). L'Astrolabe a connu des difficultés techniques au début de l'été austral 2019-2020 qui ont raccourci sa période de rotation. En revanche il a, pour la première fois, collecté des données dans l'Océan Indien pendant l'été boréal, lors de missions effectuées par la Marine Nationale.

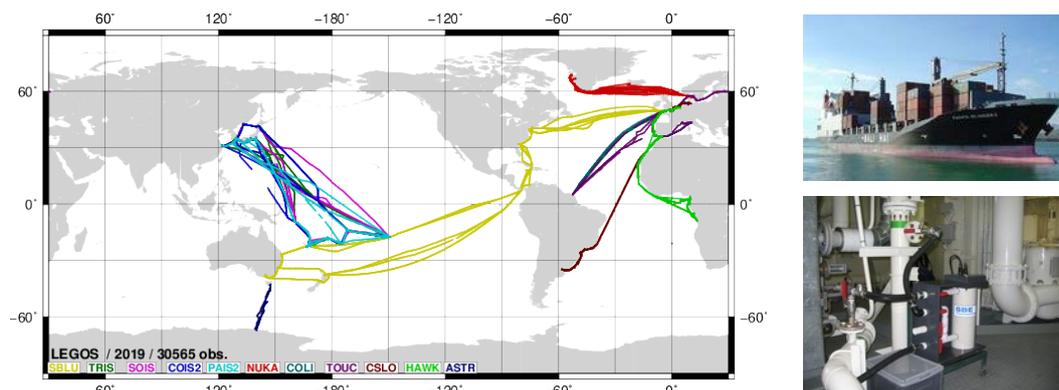


Figure 2. Distribution spatiale par navire (code couleur) des observations de salinité de surface acquises en temps réel en 2019 dans le cadre du Service National d'Observation SSS et exemple d'installation TSG à bord d'un navire de commerce. Les observations temps différé haute résolution obtenues le long des mêmes lignes de navigation sont 20 fois plus nombreuses.

Les données ont été transmises en temps réel au LEGOS via les systèmes de communication satellite Inmarsat, Iridium ou V-Sat. Pour abaisser les coûts de transmission, nous passons progressivement du système Inmarsat à Iridium, avec 5 navires équipés en Iridium fin 2019. Le Seatrade Blue est le premier de nos navires équipé du système V-Sat à forte bande passante, ce qui nous dispense d'installer une antenne pour émettre les mesures temps réel, et nous permet leur transmission sans frais. Nous espérons donc voir ce système se répandre sur les navires, à l'avenir.

Les observations effectuées ont permis d'acquérir plus de 500 000 mesures temps différé de SSS le long des lignes de navigation en 2019.

## 4.2 Contrôle qualité

La chaîne de traitement temps réel inclut un contrôle qualité (QC) sommaire automatique basé sur la comparaison des données acquises à des seuils instrumentaux et des moyennes et intervalles climatologiques, l'émission de messages d'alertes adressés aux gestionnaires du réseau en cas de mesures suspectes, ainsi que des outils de visualisation et d'évaluation des mesures récentes (Figure 3). En plus des navires de commerce cités plus haut, cette chaîne inclut les données TSG des navires de recherche français : 7 navires hauturiers (Alis, Antea, L'Atalante, Beautemps-Beaupré, Marion Dufresne, Pourquoi pas ? Thalassa), 4 navires côtiers (Côtes de la Manche, L'Europe, Tethys II, Thalia) et 6 navires de station (Albert Lucas, Antedon II, Neomysis, Nereis II, Sagitta III, Sepia II).

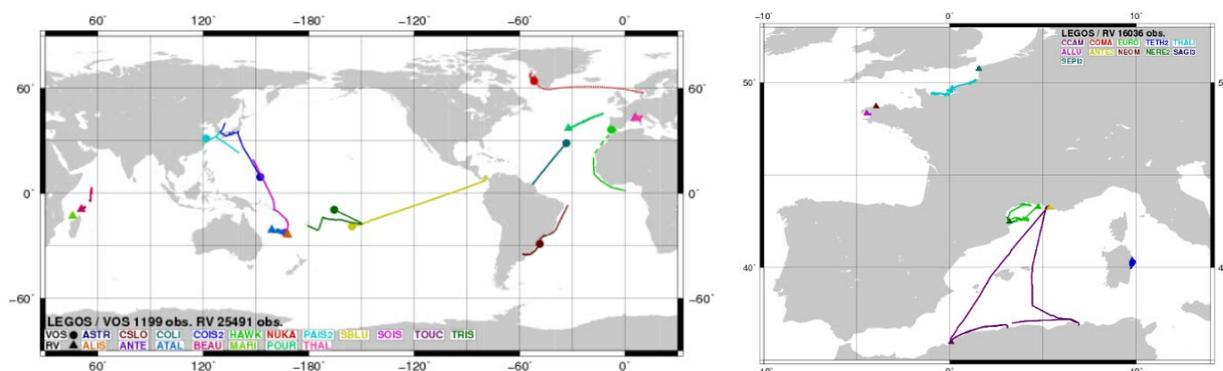


Figure 3. Cartes temps réel des trajets des navires équipés d'un TSG sur la période du 5 au 19 juin 2019. Les ronds représentent les dernières positions des navires de commerce (VOS), les triangles celles des navires de recherche (RV) hauturiers sur la carte mondiale, côtiers et de station sur la carte autour de la France.

Depuis quelques années, nous travaillons à une amélioration de la chaîne de traitement temps réel. Nous avons ainsi défini une méthode d'optimisation du QC en quasi-temps réel, basée sur la comparaison rétrospective des codes QC attribués automatiquement en temps réel aux codes QC attribués en temps différé par contrôle visuel (Alory *et al.*, 2015). Nous tentons aussi de définir des corrections automatiques des données TSG (nécessaires du fait de l'encrassement des capteurs dans les eaux côtières et ports) à l'aide des données Argo colocalisées aux trajets de nos navires, toujours évaluées par comparaison rétrospective aux corrections appliquées en temps différé. Nous avons ainsi montré que le QC était amélioré si les données TSG étaient comparées à une climatologie issue de la réanalyse Mercator GLORYS plutôt qu'au produit World Ocean Atlas, et que ce QC et la correction par Argo pouvaient diviser par 3 les écarts aux données temps différé (Figure 4). Ces résultats très encourageants nous permettent d'envisager de mettre en place dans un avenir proche une chaîne de traitement en quasi-temps réel délivrant en quelques jours des données qualifiées et corrigées d'un intérêt beaucoup plus fort pour l'assimilation dans le modèle de prévision Mercator ou la cal/val du satellite SMOS que les actuelles données temps réel.

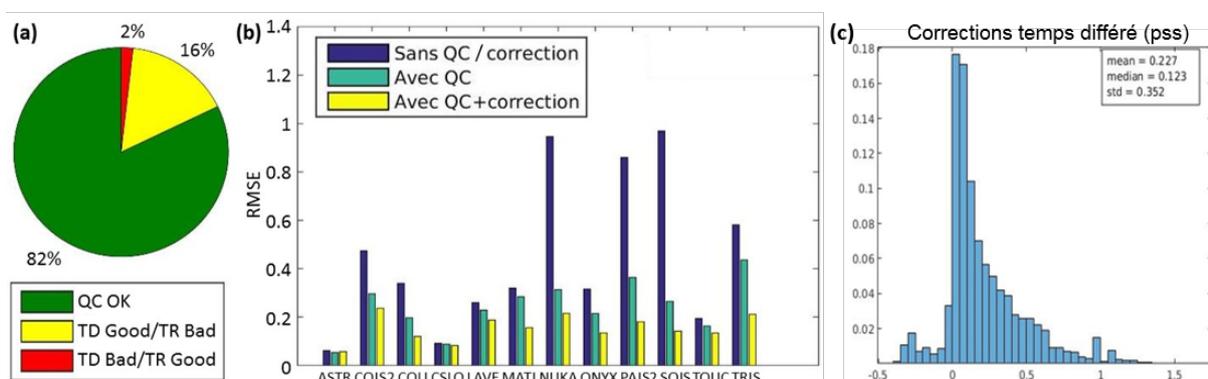


Figure 4 : (a) Comparaison des codes QC produits automatiquement en quasi-temps réel (TR), par comparaison à une climatologie Mercator, à ceux attribués en temps différé (TD). (b) RMS-Diff des écarts entre données quasi-temps réel et données temps différé corrigées, selon le niveau de traitement quasi-temps réel. (c) Distribution globale des corrections appliquées en temps différé sur les données TSG.

Les données temps différé 2018, acquises toutes les 5 min, ont été validées (attribution de codes QC) et corrigées par comparaison aux données externes (prélèvements journaliers à bord et données Argo de surface colocalisées) via le logiciel TSG-QC développé et distribué librement par l'US IMAGO (<http://www.ird.fr/us191/spip.php?article63>).

### 4.3 Distribution des données

Les données temps réel de nos navires d'opportunité ont été mises à disposition de Coriolis quotidiennement (nous ne distribuons pas celles des navires de recherche).

Les données quasi-temps réel ne sont pas encore distribuées car des améliorations sont encore nécessaires avant la phase opérationnelle : consolidation des algorithmes d'extraction des données Argo colocalisées, test de sensibilités aux rayons de colocalisation...

Les données temps différé 2018 validées en 2019 ont été mises à disposition via l'interface web dédiée développée par le SEDOO/OMP (<http://sss.sedoo.fr>). L'ensemble de ces données (Figure 5a) est identifié par un DOI (<http://dx.doi.org/10.6096/SSS-LEGOS>).

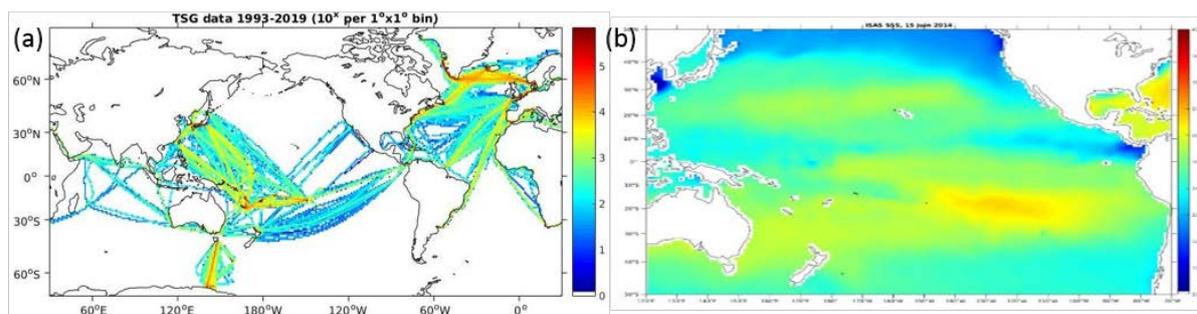


Figure 5. (a) Densité spatiale (exprimée en  $10^4$  par carré de  $1^\circ$  de longitude et  $1^\circ$  latitude) des observations distribuées en temps différé par le SNO SSS. (b) Version préliminaire du nouveau produit grillé Pacifique.

La méthode d'interpolation optimale utilisée pour le produit Argo ISAS a été adaptée, dans le cadre d'un stage de Master (*Briol et Séraphin, 2019*), pour la mise à jour d'un produit grillé Pacifique compilant toutes les sources d'observations *in situ* de SSS (données TSG du SNO SSS et autres, flotteurs Argo, mouillages, données CTD, mesures au seau historiques). Par cette méthode, le produit qui couvrait le domaine  $30^\circ\text{S}$ - $30^\circ\text{N}$  et la période 1950-2009 a été étendu au domaine  $50^\circ\text{S}$ - $50^\circ\text{N}$  et à la période 1950-2014 (Figure 5b). Dans le cadre d'un autre stage de Master (*Boulard et Macarez, 2019*), ce produit a permis d'extraire et interpréter des indices climatiques de SSS autour des territoires français pour l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-littoral-et-milieu-marin#e2>). La mise à jour de ce produit grillé sera prolongée jusqu'en 2018 avant de le distribuer.

En 2019, L'ensemble des données et produits temps différé du SNO SSS ont fait l'objet de 190 téléchargements par 68 utilisateurs de 17 pays différents.

#### 4.4 Valorisation scientifique

La valorisation scientifique 2019 des données SSS collectées via le SNO SSS a donné lieu, *a minima*, à 13 publications dans des revues à comité de lecture, une Habilitation à Diriger des Recherches et 3 stages de Master. Ces publications sont listées sur le site web du SNO SSS. Il est probable que d'autres publications ne soient pas connues à ce jour, les utilisateurs ne nous les transmettant pas toujours.

Les travaux menés en 2019 par les acteurs du SNO-SSS à partir de ses données ont notamment porté sur :

- Les variations historiques de SSS dans le gyre subtropical de l'Atlantique nord
- L'impact de la SSS sur les upwellings dans le Golfe de Guinée
- L'analyse globale des gradients côte-large de SSS
- La validation des produits de SSS satellitaires

#### 4.5 Références

- Alory G., T. Delcroix, P. Téchiné, D. Diverrès, D. Varillon, S. Cravatte, Y. Gouriou, J. Grelet, S. Jacquin, E. Kestenare, C. Maes, R. Morrow, J. Perrier, G. Reverdin and F. Roubaud, 2015. The French contribution to the Voluntary Observing Ships network of Sea Surface Salinity. *Deep Sea Res.*, 105, 1-18, doi: 10.1016/j.DSR.2015.08.005.
- Alory G. P. Téchiné, T. Delcroix, D. Diverrès, D. Varillon, J.-R. Donguy, G. Reverdin, R. Morrow, J. Grelet, Y. Gouriou, S. Jacquin, E. Kestenare, C. Bachelier, A. DiMattéo, 2020. Le Service National

d'Observation de la Salinité de Surface de la Mer : 50 Ans de Mesures Océaniques Globales, La Météorologie, 109 (à paraître en mai 2020).

Boulard C. et L. Macarez, 2019. Mise à jour d'indicateurs de température et salinité de surface de la mer, Master 1 SOAC, Université Paul Sabatier, Toulouse, 18 pages.

Briol S. et T. Séraphin T., 2019. Mise à jour d'un produit grillé de salinité de surface pour l'océan Pacifique, Master 1 SOAC, Université Paul Sabatier, Toulouse, 15 pages.

Smith S.R., G. Alory, A. Andersson, W. Asher, A. Baker, D.I. Berry, K. Drushka, D. Figurskey, E. Freeman, P. Holthus, T. Jickells, H. Kleta, E.C. Kent, N. Kolodziejczyk, M. Kramp, Z. Loh, P. Poli, U. Schuster, E. Steventon, S. Swart, O. Tarasova, L. Petit de la Villéon, N. Vinogradova-Shiffer, 2019. Ship-Based Contributions to Global Ocean, Weather, and Climate Observing Systems. *Front. Mar. Sci.* 6 :434. doi: 10.3389/fmars.2019.00434



ALORY Gaël

CNAP:Université Toulouse

[gael.alory@legos.obs-mip.fr](mailto:gael.alory@legos.obs-mip.fr)



## 5. RESEAU PIRATA

Rédacteur : Bernard Bourlès

### Préambule

PIRATA est en grande partie dédié à l'opérationnel et les données acquises en Atlantique tropical, librement accessibles à la communauté scientifique en temps quasi-réel via internet, sont utilisées dans les modèles océaniques, atmosphériques et couplés. Les données PIRATA sont aussi largement utilisées pour la validation de simulations numériques menées dans le cadre d'études spécifiques et la validation en temps réel des analyses/prévisions des systèmes opérationnels, ou l'évaluation de la qualité des réanalyses.



Pour l'ensemble des systèmes d'observation en Atlantique tropical (PIRATA, Argo, DBCP...), l'année 2019 a été la 2<sup>nd</sup>e du processus d'évaluation internationale du Tropical Atlantic Observing System (TAOS). Dans le contexte de cette évaluation ainsi que dans le cadre du programme EU AtlantOS, plusieurs exercices (coûts globaux, bilans technique et scientifique, perspectives) avaient été réalisés courant 2018 et début 2019 et utilisés dans le cadre de plusieurs documents. PIRATA a été ainsi l'objet d'un article de synthèse et de perspectives, aussi une des principales composantes d'un article dédié au TAOS, publié comme White Paper pour la conférence OceanObs19.

Au niveau national, PIRATA a vu son label « Service National d'Observation » renouvelé suite à son évaluation par la CSOA de l'INSU.

### 5.1 Campagne annuelle

La campagne PIRATA FR 29 a été menée à bord du N/O Thalassa du 28 février au 5 avril 2019 à partir de Mindelo (Cap-Vert). Chef de mission (IRD) : Bernard Bourlès. En raison d'actes de piraterie persistant dans le nord du Golfe de Guinée, la campagne a été organisée comme depuis 2015 en une seule partie avec départ de, et retour à Mindelo, avec 13 scientifiques à bord.

Cette campagne PIRATA FR29 avait pour but principal de remplacer les 6 bouées météo-océaniques du réseau sous la responsabilité du Service National d'Observation PIRATA. Mais, comme les années précédentes, de nombreuses opérations ont été menées, notamment en contribution à CORIOLIS (ARGO, SVP, transmission de profils CTD/XBT en temps réel etc.).

Lors de cette campagne, les travaux ont été les suivants :

1. Remplacement des 6 bouées météo-océaniques de Pirata situées dans le Golfe de Guinée, dont 3 ATLAS, et 3 T-FLEX. Un système ATLAS a été remplacé par un T-FLEX à 6°S-10°W. Remplacement des capteurs CO<sub>2</sub> à 6°S-10°W et 8°E-6°S.
2. Remplacement d'un mouillage ADCP à 10°W-0°N ;
3. 61 profils CTD-O<sub>2</sub>/LADCP (3x0-4000m ; 27x0-2000m ; 30x0-500m et 1x40m) avec prélèvement bouteilles sur 11 à 20 niveaux : analyse de la salinité, des sels nutritifs et de l'oxygène dissous réalisées à bord ; les échantillons pour le CO<sub>2</sub> et les pigments sont conditionnés pour analyse au laboratoire ;
4. Pour la 1<sup>ère</sup> fois depuis 2006, mesures en continu du pCO<sub>2</sub> ;
5. 84 profils thermiques avec sondes XBT (T7 ou T5) ;

6. Déploiement de 13 bouées dérivantes de type SVP-B pour Météo-France (en raison du «shutdown» aux USA, la NOAA/AOML n'avait pas pu nous expédier de bouées dérivantes contrairement aux 2 années précédentes) ;
7. Déploiement de 6 profileurs ARGO (dont 2 avec mesures d'O<sub>2</sub>) ;
8. 73 prélèvements de surface pour analyses salinité, sels nutritifs et pigments à partir de la prise d'eau du thermosalinographe (ou de la FerryBox) ; 99 prélèvements pour le CO<sub>2</sub> (DIC/TA) ; 117 échantillons pour analyse Carbone Organique Particulaire (POC), Matière Organique en Suspension (SOC), et Matière Organique Dissoute Colorée (CDOM) ;
9. Mesure le long de la route : SADCP de coque 38kHz, 150kHz et pour la 1<sup>ère</sup> fois 600kHz (DVL) utilisé pour le loch, acoustique (vertical et latéral, EK80), TSG, FerryBox et météorologie.
10. Remplacement de 5 capteurs de turbulence océaniques (Chipods) entre 20m et 81m de profondeur en 2 mouillages (23°W-0°N et 10°W-0°N) et des capteurs acoustiques OTN (1 sur chaque bouée à 200m de profondeur).
11. Prélèvements d'anatifes, vers et crabes sur les bouées et de Sargasses sur une nappe. Echantillons conditionnés à bord dans les congélateurs et analysés ultérieurement en laboratoire. A noter également, pour la 1<sup>ère</sup> fois, des prélèvements de morceaux de thons pour les analyses du mercure dans la chaîne alimentaire (pour le LEMAR).
12. Pour la 1<sup>ère</sup> fois, mesures en continu du flux de neutrons cosmiques et spectres énergétiques associés via un spectromètre à neutron installé à bord par l'ONERA.

## 5.2 Statut du réseau PIRATA

### 5.2.1 Le cas de la bouée située à 6°S-8°E au large du Congo

La bouée située au large du Congo, à 6°S-8°E, avait été vandalisée en août 2018, probablement par des pêcheurs. Cette bouée, équipée d'un système T-FLEX, a été intégralement remplacée pendant la campagne FR29. La partie de surface de la bouée était partie en dérive après avoir été coupée à sa base et s'est retrouvée au Nigeria. Grâce à l'intervention de contacts sur place (NIOMR, Lagos), nous avons pu récupérer au moins les capteurs météorologiques de surface et la centrale d'acquisition, qui ont été renvoyés en avril 2019 au PMEL avec l'ensemble du matériel de la campagne FR29.

Malheureusement, cette bouée a de nouveau été vandalisée en août 2019, pour la 2<sup>nd</sup>e année consécutive. Cette bouée a été selon toute vraisemblance vandalisée de nouveau par des pêcheurs (sans AIS, vérification faite avec la contribution de CLS-Argos). Elle est partie en dérive vers le Nord. Une fois à proximité de São Tomé, nous avons contacté l'ONG MARAPA locale (qui intervenait pendant des années pour la maintenance d'un marégraphe et d'une station météorologique, jusqu'en août 2010) qui a pu intercepter la bouée. Ainsi l'ensemble de la bouée, les capteurs météorologiques, le tube électronique contenant toutes les données Haute Fréquence et le capteur CO<sub>2</sub> ont pu être récupérés. Ils sont actuellement toujours en cours de rapatriement en France (engendrant cependant une dépense, et donc un surcout pour le SNO, relativement élevée !). Des photos transmises par l'ONG MARAPA montrent clairement que le câble de la bouée a été sectionné à la base du tripode inférieur, confirmant ainsi un acte volontaire...

Lors de la conférence OceanObs19, une réunion « Pirata » restreinte (9 membres des SSG et PRB) a abouti à la décision de ne pas remettre de bouée au site 6°S-8°E (2 fois vandalisée, induisant une perte sèche de plus de 250k\$ -capteurs océanographiques, largeurs, câbles, etc...).

Sur proposition du coordinateur du SNO, il a été décidé de déplacer cette bouée en plein Atlantique Sud, à 10°W-20°S, conformément aux suggestions émises depuis plusieurs années par PIRATA, PREFACE, AtlantOS et TAOS.... Cela sera réalisé lors de la prochaine campagne PIRATA FR30 (février-mars 2020).

## 5.2.2 Taux de retour des données des mouillages

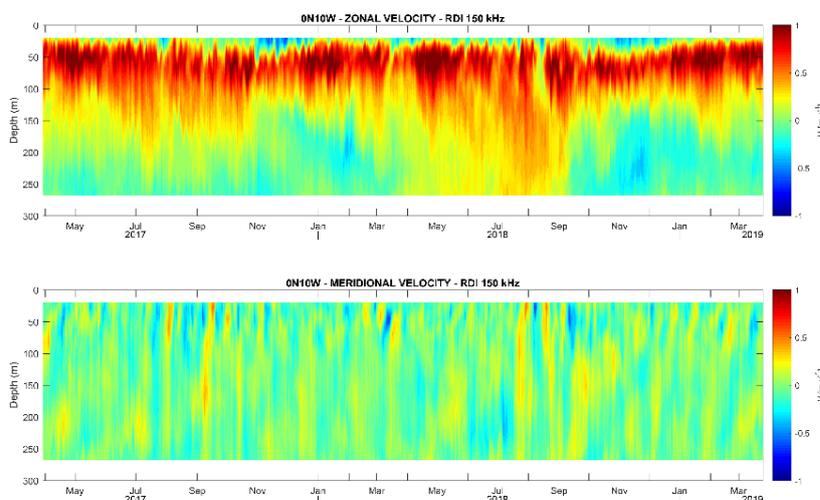
Le bilan du taux de retour en temps réel des mesures effectuées à partir des bouées ATLAS sous responsabilité française du réseau PIRATA en 2018-2019 n'est pas connu à ce jour, les chiffres étant transmis par le représentant du PMEL lors des réunions annuelles (qui n'a pas eu lieu en 2019 en raison de la tenue de la conférence OceanObs19, si ce n'est une réunion partielle pendant cette conférence). Cependant des valeurs sont disponibles sur la page web du PMEL : <https://www.pmel.noaa.gov/tao/global/status/buostat-pirata.html> qui indiquent que les bouées sous responsabilités françaises fournissent toutes un taux supérieur à 75%, voire supérieur à 90% pour 2 d'entre elles.

Comme explicité les années précédentes, les bouées de type T-Flex permettent une grande amélioration dans la fréquence de transmission des données et donc dans la limitation du risque de perte de données. Ces améliorations permettent progressivement de répondre aux exigences nouvelles induites par les progrès au sein des systèmes opérationnels de prévision (climat, océan) et par les évolutions de nos connaissances scientifiques sur les processus en jeu à l'interface océan-atmosphère, et ainsi de répondre en partie à des objectifs initiaux du programme AtlantOS. Fin 2019, 11 bouées sur les 18 du réseau étaient équipées en T-Flex, dont 4 sous responsabilité du SNO PIRATA. L'accès aux données en temps réel des bouées T-FLEX se fait via l'adresse <http://www.pmel.noaa.gov/pirata/tflex>.

La maintenance d'un capteur CO<sub>2</sub> au site 8°N-38°W n'est et ne sera plus assurée par la France (ex P.I. : N. Lefèvre). Le cas des capteurs CO<sub>2</sub> a également été soulevé pendant la réunion PIRATA réduite organisée pendant la conférence OceanObs19. Suite à la démission de N. Lefèvre au sein du comité international Pirata (Pirata Scientific Steering Group, SSG), le SSG souhaite que la France trouve un/une remplaçant/e, aussi spécialiste en biogéochimie. Le financement de capteurs CO<sub>2</sub> pour le site 8°N-38°W a été demandé et obtenu via le projet EU EuroSEAS (via F. Hernandez, IRD/LEGOS). Tous ces points seront discutés lors du meeting PIRATA en avril 2020 à Miami.

Concernant le capteur CO<sub>2</sub> qui était déployé à la bouée 6°S-8°E, il sera désormais déployé à 0°N-10°W, et ce dès la prochaine campagne PIRATA FR30.

Le SNO PIRATA gère également la maintenance de 3 mouillages courantométriques équatoriaux (à 23°W, maintenu avec la contribution du GEOMAR, 10°W et 0°E). Ces mouillages sont remplacés tous les 2 ans. Ces mouillages ont tous parfaitement fonctionné et, à chaque remplacement, permis l'acquisition de 2 années de mesures de courant de la surface à 300m de profondeur (voir figure ci-dessous).



Composantes zonale (haut) et méridienne (bas) du courant mesurées à 0°N-10°W de mars 2017 (PIRATA FR27) à mars 2019 (PIRATA FR29) à partir du mouillage ADCP.

### 5.3 Contributions au TAOS et collaborations internationales :

PIRATA est une des principales composantes pour les observations en Atlantique tropicale des programmes EU PREFACE (achevé en 2018), AtlantOS (achevé en 2019), TriATLAS (en cours) et du TAOS. Les données PIRATA sont utilisées pour la validation de simulations numériques à haute résolution dédiées au Golfe de Guinée réalisées dans le cadre de PREFACE (ROMS et NEMO notamment). Grâce aux financements d'AtlantOS, en plus du capteur CO<sub>2</sub> installé à 6°S-8°E, des capteurs T/C et des courantomètres (à 10m) avaient été ajoutés en 3 sites (0°N-10°W, 8°N-38°W et 0°N-35°W) et des capteurs O<sub>2</sub> avec transmission en temps réel (PI : GEOMAR) sont désormais opérationnels sur les mouillages situés à 4°N, 12°N et 20°N le long de 23°W.

Dans le cadre de TRIATLAS, 80k€ avaient été obtenus pour acheter du matériel de mouillage ADCP et ajouter des capteurs sur la bouée 6°S-8°E. Cette bouée n'étant plus maintenue, des discussions sont en cours et seront menées lors du prochain meeting PIRATA pour définir les capteurs à acquérir et leur lieu de déploiement.

Un article dédié à PIRATA, de synthèse et de perspectives, a été publié en mars 2019.

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.

A noter que PIRATA a fait la «couverture» de la revue *Earth and Space Sciences*, illustrant une bouée à proximité du N/O THALASSA pendant la campagne PIRATA FR28 (voir illustration).



Un article (White Paper pour OceanObs19) sur le TAOS a également été publié :

Foltz, G.R., P. Brandt, I. Richter, M. Rodriguez-Fonseca, F. Hernandez, M. Dengler, R.R.Rodrigues, J. Schmidt, L. Yu, N. Lefevre, L. Cotrim, M.J. McPhaden, M. Araujo, J.Karstensen, J. Hahn, M. Martin-Rey, C.M. Patricola, P. Poli, P. Zuidema, R. Hummels, R.C.Perez, V. Hatje, J.F. Lubbecke, I. Polo, R. Lumpkin, B. Bourlès, F.E. Asuquo, P. Lehodey, A.Conchon, P. Chang, P. Dandin, C. Schmid, A. Sutton, H. Giordani, Y. Xue, S. Illig, T.Losada, S.A. Grodsky, F. Gasparin, T. Lee, E. Mohino, P. Nobre, R. Wanninkhof, N.Keenlyside, V. Garcon, E. Sanchez-Gomez, H.C. Nnamchi, M. Drevillon, A. Storto, E. Remy, A. Lazar, S. Speich, M. Goes, T. Dorrington, W.E. Johns, J.N. Moum, C. Robinson, C.Perruche, R.B. de Souza, A. Gaye, J. Lopez-Parages, P.A. Monerie, P. Castellanos, N.U. Benson, M.N. Hounkonnou, J. Trotte-Duha, The Tropical Atlantic Observing System, *Frontiers in Marine Science*, 2019, 6:206, doi: 10.3389/fmars.2019.00206.

PIRATA a également contribué au White Paper relatif aux Best Practices pour OceanObs19 :

Pearlman, J., M. Bushnell, L. Coppola, P. L. Buttigieg, F. Pearlman, P. Simpson, M. Barbier, J. Karstensen, F. Muller-Karger, C. Munoz-Mas, P. Pissierssens, C. Chandler, J. Hermes, E. Heslop, R. Jenkyns, E. Achterberg, M. Bensi, H. Bittig, J. Blandin, J. Bosch, B. Bourlès, R. Bozzano, J. Buck, E. Burger, D. Cano, V. Cardin, M. C. Llorens, A. Cianca, H. Chen, C. Cusack, E. Delory, R. Garello, G. Giovanetti, V. Harscoat, S. Hartman, R. Heitsenrether, S. Jirka, A. L. Lopez, N. Lanteri, A. Leadbetter, G. Manzella, J. Maso, A. McCurdy, E. Moussat, M. Ntouma, S. Pensieri, G. Petihakis, N. Pinardi, S. Pouliquen, R. Przeslawski, N. Roden, J. Silke, M. Tamburri, H. Tang, T. Tanhua, P. Testor, J. Thomas, C. Waldmann, F. Whoriskey, Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade, *Frontier in Marine Science*, 2019, doi: 10.3389/fmars.2019.00277.

Des collaborations effectives sont menées avec nos partenaires du Brésil, et notamment de l'Université du Pernambuco (UFPE, Recife). Dans le cadre de ces collaborations avec l'UFPE, trois thèses ont été ou sont menées :

- **Antonio Vasconcelos** a effectué sa thèse au CNRM, débutée en octobre 2015 et soutenue le 6 mars 2019 à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (au CNRM) avec une bourse « « Sciences sans Frontières » du Brésil. Le sujet de la thèse était : Diagnostic et quantification de la contribution océanique à l'occurrence d'événements de précipitations extrêmes dans la région côtière du Nord-Est du Brésil ;
- La thèse, initiée en octobre 2016, de **Minto Dimoune** (étudiant togolais issu du M2 de Cotonou), est dédiée à l'étude des événements extrêmes au Nordeste Brésilien à partir d'analyses climatiques et océaniques, et menée à l'université Fédérale du Pernambouco, Recife (Brésil) avec une bourse de la FACEPE ;
- La thèse, initiée en novembre 2016, d'**Alina Nathanaël Dossa** (étudiant béninois issu du M2 de Cotonou), est dédiée à l'étude de la circulation océanique sur le plateau du Nordeste brésilien et régions océaniques adjacentes, à l'université Fédérale du Pernambouco, Recife (Brésil) également avec une bourse de la FACEPE. Cet étudiant a également finalisé un article issu de son travail de stage de M2, publié en 2019.

Une autre thèse est en cours en France :

- Un étudiant béninois, **Houdegnonto Odilon Joël**, issu du M2 de Cotonou, effectue un PhD à Brest depuis septembre 2018 sur la « Barrier Layer & short scales thermohaline variability in the Gulf of Guinea » au LOPS, (bourse MOPGA/IRD).

## 5.4 Traitement des données PIRATA

Toutes les données des bouées PIRATA transmises en mode opérationnel (moyennes journalières) et enregistrées localement (données à fréquence 10 mn, enregistrées sur chaque capteur, et récupérées annuellement lors des campagnes PIRATA) sont disponibles (après validation des données) sur les différentes pages Web de PIRATA. A noter que la page web du PMEL a été modifiée et largement complétée, notamment avec les données en ligne des nouvelles bouées T-Flex :

- Site du PMEL/NOAA (Seattle) : <https://www.pmel.noaa.gov/gtmba/pirata>

Toutes les données des campagnes PIRATA-France et de nombreux documents liés aux SNO (dont les rapports du PIRATA SSG ; rapports de campagnes etc.) sont disponibles via le site de l'IRD-Brest : <http://www.brest.ird.fr/pirata> et accessible à partir du site du LEGOS (<http://www.legos.obs-mip.fr/fr/observations>).

A noter que l'ensemble des campagnes PIRATA et les informations associées sont désormais accessibles directement via leur DOI 10.18142/14, via les sites :

<http://campagnes.flotteoceanographique.fr/series/14/> ou <http://dx.doi.org/10.18142/14>

La plupart des données acquises pendant les campagnes annuelles sont traitées au sein de l'US IMAGO de l'IRD, à Brest, qui a développé des logiciels et chaînes de traitement adaptées. Ainsi :

- Les données S-ADCP sont affectées d'un Doi (n° 10.17882/44635).
- Les données CTD-O2 sont affectées d'un Doi (n° 10.17882/51534).
- Les données des mouillages ADCP (0-300m), sont affectées d'un Doi (n° 10.17882/51557).
- Les données « chimie » (salinité, oxygène, sels nutritifs et pigments Chl) sont affectées d'un DOI (n°10.17882/58141).

Depuis 2019, les données L-ADCP sont également affectées d'un DOI (n° 10.17882/71295). Un traitement adapté a été finalisé en 2019 pour l'ensemble des campagnes, tenant compte des marées, des mesures S-ADCP, voire de la trajectoire de la bathysonde pendant le profil.

Les séries de DOI sont désormais à jour et actualisées régulièrement avec l'apport des campagnes annuelles.

Pour la 1ère fois, les données de l'ADCP 600kHz du Thalassa ont été intégrées dans les traitements du courant mesuré par les ADCP du navire, permettant ainsi des mesures plus proches de la surface.

Enfin, les différents échantillons (algues Sargasses, plancton, microplastiques, vers, crabes) effectués pendant la campagne PIRATA FR29 doivent être analysés ou sont en cours d'analyse au sein de plusieurs laboratoires (LEMAR, MIO, ...).

Toutes les informations actualisées relatives au SNO PIRATA, dont le rapport des meetings annuels, les rapports des comités SSG/PRB, des campagnes, publications et accès aux données sont disponibles sur la page internet du SNO, <http://www.brest.ird.fr/pirata/>.

## 5.5 Bibliographie

### Revues de rang A

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*, 2019, 6, 577–616, doi: 10.1029/2018EA000428.

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, *African Journal of Marine Science*, 2019, 41:2, 163-175, doi: 10.2989/1814232X.2019.1616612.

Foltz, G.R., P. Brandt, I. Richter, M. Rodriguez-Fonseca, F. Hernandez, M. Dengler, R.R.Rodrigues, J. Schmidt, L. Yu, N. Lefevre, L. Cotrim, M.J. McPhaden, M. Araujo, J.Karstensen, J. Hahn, M. Martin-Rey, C.M. Patricola, P. Poli, P. Zuidema, R. Hummels, R.C.Perez, V. Hatje, J.F. Lubbecke, I. Polo, R. Lumpkin, B. Bourlès, F.E. Asuquo, P. Lehodey, A.Conchon, P. Chang, P. Dandin, C. Schmid, A. Sutton, H. Giordani, Y. Xue, S. Illig, T.Losada, S.A. Grodsky, F. Gasparin, T. Lee, E. Mohino, P. Nobre, R. Wanninkhof, N.Keenlyside, V. Garcon, E. Sanchez-Gomez, H.C. Nnamchi, M. Drevillon, A. Storto, E. Remy, A. Lazar, S. Speich, M. Goes, T. Dorrington, W.E. Johns, J.N. Moum, C. Robinson, C.Perruche, R.B. de Souza, A. Gaye, J. Lopez-Parages, P.A. Monerie, P. Castellanos, N.U. Benson, M.N. Hounkonnou, J. Trotte-Duha, The Tropical Atlantic Observing System, *Frontiers in Marine Science*, 2019, 6:206, doi: 10.3389/fmars.2019.00206.

Hounsou-Gbo, A., J. Servain, M. Araujo, G. Caniaux, B. Bourlès, D. Fontenele, and E.S. Martins, SST indexes in the Tropical South Atlantic for forecasting rainy seasons in Northeast Brazil, *Atmosphere*, 2019, 10, 335, doi:10.3390/atmos10060335.

Illig, S., and M.-L. Bachèlery, 2019: Propagation of Subseasonal Equatorially-Forced Coastal Trapped Waves down to the Benguela Upwelling System. *Sci. Rep.*, 9, 5306. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41847-1>.

Imbol Koungue, R. A., M. Rouault, S. Illig, P. Brandt, and J. Jouanno, 2019: Benguela Niños and Benguela Niños inforced ocean simulation from 1958 to 2015. *J. Geophys. Res.*, 124, 5923–5951. <https://doi.org/10.1029/2019JC015013>.

Pearlman, J., M. Bushnell, L. Coppola, P. L. Buttigieg, F. Pearlman, P. Simpson, M. Barbier, J. Karstensen, F. Muller-Karger, C. Munoz-Mas, P. Pissierssens, C. Chandler, J. Hermes, E. Heslop, R. Jenkyns, E. Achterberg, M. Bensi, H. Bittig, J. Blandin, J. Bosch, B. Bourlès, R. Bozzano, J. Buck, E. Burger, D.

Cano, V. Cardin, M. C. Llorens, A. Cianca, H. Chen, C. Cusack, E. Delory, R. Garello, G. Giovanetti, V. Harscoat, S. Hartman, R. Heitsenrether, S. Jirka, A. L. Lopez, N. Lanteri, A. Leadbetter, G. Manzella, J. Maso, A. McCurdy, E. Moussat, M. Ntouma, S. Pensieri, G. Petihakis, N. Pinardi, S. Pouliquen, R. Przeslawski, N. Roden, J. Silke, M. Tamburri, H. Tang, T. Tanhua, P. Testor, J. Thomas, C. Waldmann, F. Whoriskey, *Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade*, *Frontier in Marine Science*, 2019, doi: 10.3389/fmars.2019.00277.

Radenac, M.H., J. Jouanno, C. C. Tchamabi, M. Awo, B. Bourlès, S. Arnault, and O. Aumont, Physical drivers of the nitrate seasonal variability in the Atlantic cold tongue, in press in *Biogeosciences*, 2019, doi : 10.5194/bg-2019-338.

### **Autres revues, résumés de colloques, rapports et Deliverables (2019)**

Cusack, C., K. Reilly, E. O'Rourke, G. Nolan, V. Fernández, K. Horsburgh, P. Farcy, G. Chiarria, L. Delauney, & coll (M. Araujo, A. Ahpinar, L. Paulo Assad, B. Berx, B. Bourlès et al...), "Sustained transatlantic coastal observations Report: Strategy for transatlantic sustained measurements in the coastal ocean, based on the strengthened forum for interaction between US IOOS, GOOS regional alliances and EuroGOOS.", Deliverable D.4.4 pour le programme EU AtlantOS (H2020, Grant Agreement N°: 633211), 38pp, mars 2019.

### **Communications (orales ou posters) dans des colloques/meetings internationaux (2019)**

Alory, G., P. Téchiné, T. Delcroix, D. Diverres, D. Varillon, C. Bachelier, J. Grelet, S. Jacquin, E. Kestenare, R. Morrow, G. Reverdin, and B. Bourlès, The French Sea Surface Salinity Observation Service : 50 years of global observations from ships of opportunity, OceanObs '19 Conference, Honolulu, Hawaï USA, septembre 2019.

Barbier, M., P. Afonso, A. Boetius, B. Bourlès, F. Janssen, T. Kanzow, R. Lampitt, G. Obolensky, P. Poli, S. Pouliquen, U. Schauer, P. Testor, F. Whoriskey and H. Claustre, Autonomous ocean observation networks in the Atlantic Ocean, Final AtlantOS General Assembly & 1st international AtlantOS symposium, UNESCO, Paris, 25-28 mars 2019.

Barbier, M., F. Whoriskey, B. Bourlès, E. Delory, S. Pouliquen, M. Scobie, U. Schauer, and P. Poli, Ethical recommendations for ocean observation, OceanObs '19 Conference, Honolulu, Hawaï USA, septembre 2019.

Herbert, G., S. Cravatte, J. Habasque, G. Reverdin, and B. Bourlès, Near-surface current shear from in situ measurements in the Tropical Atlantic and Pacific Oceans, Conférence ESA "World Ocean Circulation User Consultation Meeting", Frascati, Italy, 21-22 février 2019.

Hernandez, F., M. Araujo, B. Bourlès, P. Brandt, L. Cotrim da Cunha, G. Foltz, H. Giordani, N. Lefevre, J. Llado, 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.

Hernandez, F., M. Araujo, B. Bourlès, P. Brandt, L. Cotrim da Cunha, P. Dandin, G. Foltz, A. Ganachaud, H. Giordani, D. Legler, M. Mc Phaden, P. Nobre, C. Patricola, R. Rodrigues, and A. Sutton, J. Trotte-Duha: PIRATA: The evolving backbone of the Tropical Atlantic Observing System, OceanObs '19 Conference, Honolulu, Hawaï USA, septembre 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.

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, Colloque régional TACCOVAR, Cotonou, Bénin, 23-27 septembre 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, Summer School "Fluid Dynamics of Sustainability and the Environment", Ecole Polytechnique, Paris, 1-12 juillet 2019.

Koné, V., C. Lett, S. Djakouré, P. Penven, and B. Bourlès, A numerical investigation of the interannual variability of the early life stages of *S. aurita* in the northern Gulf of Guinea International Marine Connectivity Conference (iMarCo 2019), Aveiro, Portugal, 23-25 Septembre 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.

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.

### **Les données sont aussi disponibles via les références des DOI**

Bourlès Bernard, Herbert Gaëlle, Rousselot Pierre, Grelet Jacques (2018). French PIRATA cruises: S-ADCP data. <https://doi.org/10.17882/44635>

Bourlès Bernard, Habasque Jérémie, Rousselot Pierre, Grelet Jacques, Roubaud Fabrice, Bachelier Céline, Gouriou Yves (2018). French PIRATA cruises: MOORING ADCP data. <https://doi.org/10.17882/51557>

Bourlès Bernard, Baurand Francois, Hillion Sandrine, Rousselot Pierre, Grelet Jacques, Bachelier Céline, Roubaud Fabrice, Gouriou Yves, Chuchla Remy (2018). French PIRATA cruises: CHEMICAL ANALYSIS data. <https://doi.org/10.17882/58141>

Bourlès Bernard, Rousselot Pierre, Grelet Jacques, Marin Frederic, Roubaud Fabrice, Bachelier Céline, Gouriou Yves (2019). French PIRATA cruises: LADCP data (and processing protocol). SEANOE. <https://doi.org/10.17882/71295>

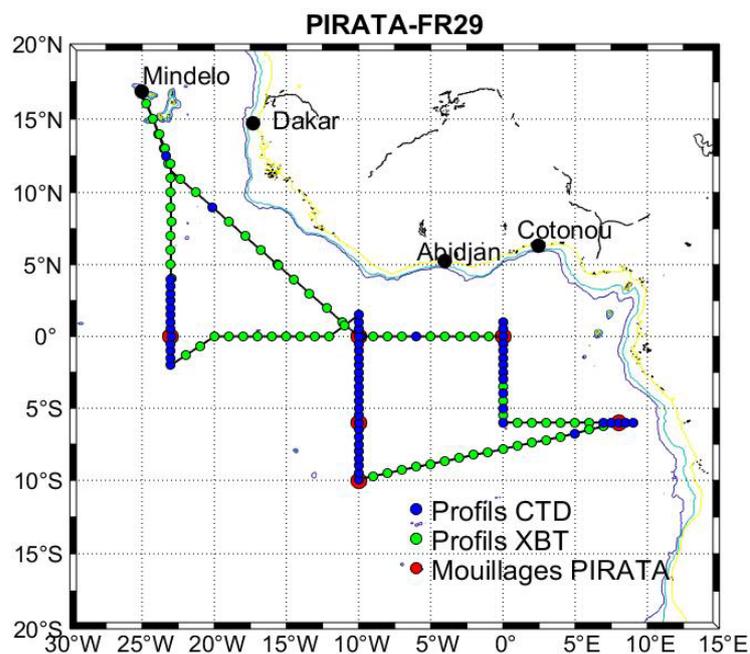
Habasque Jérémie, Nowaczyk Antoine (2018). Zooplankton samples from Eastern tropical Atlantic. <https://doi.org/10.17882/58349>

Testor Pierre (2018). Pirata deployment (EGO glider: bonpland) (Atlantic Ocean - Gulf of Guinea). SEANOE. <https://doi.org/10.17882/56456>

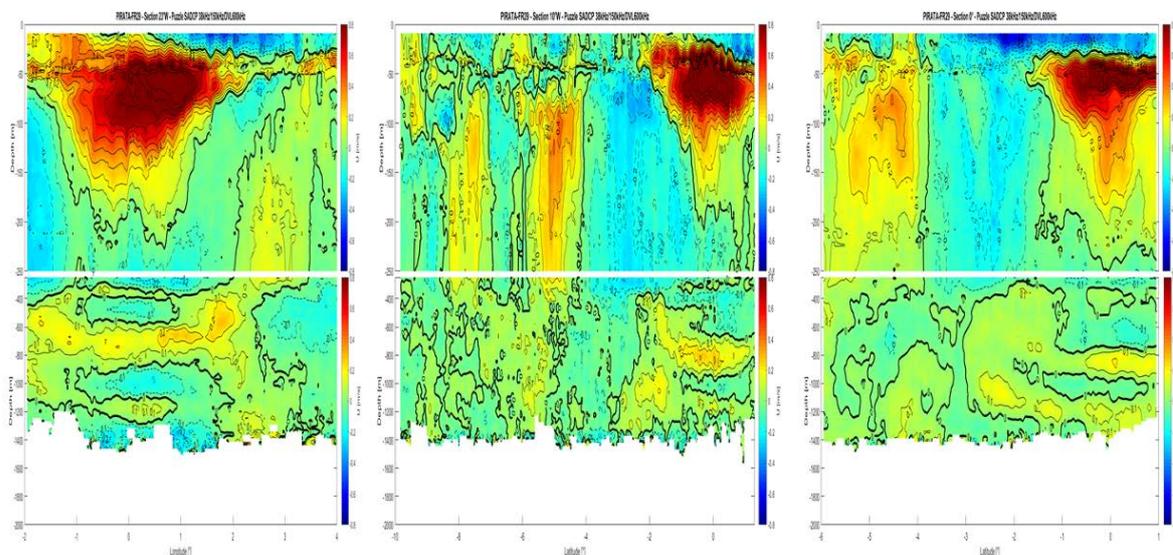
### **Quelques illustrations :**

Départ de Mindelo le 28 février 2018 avec une bouée PIRATA (ATLAS) et la flottabilité du mouillage courantométrique ADCP sur le pont arrière du Thalassa.





Plan de la campagne PIRATA FR29 (28 février – 5 avril 2019).



Composante zonale du courant mesuré à 23°W (gauche, entre 2°S et 4°N), 10°W (centre, entre 10°S et 1°30'N) et 0°E (droite, entre 4°S et 1°N) pendant la campagne PIRATA FR29 à partir des ADCP de coque du Thalassa. Les mesures de l'ADCP 600kHz (DVL) sont intégrées dans le traitement.



BOURLES Bernard

Centre IRD de Bretagne

[bernard.bourles@ird.fr](mailto:bernard.bourles@ird.fr)



## 6. RESEAU BOUEES DERIVANTES

Rédacteur : Gilbert Emzivat

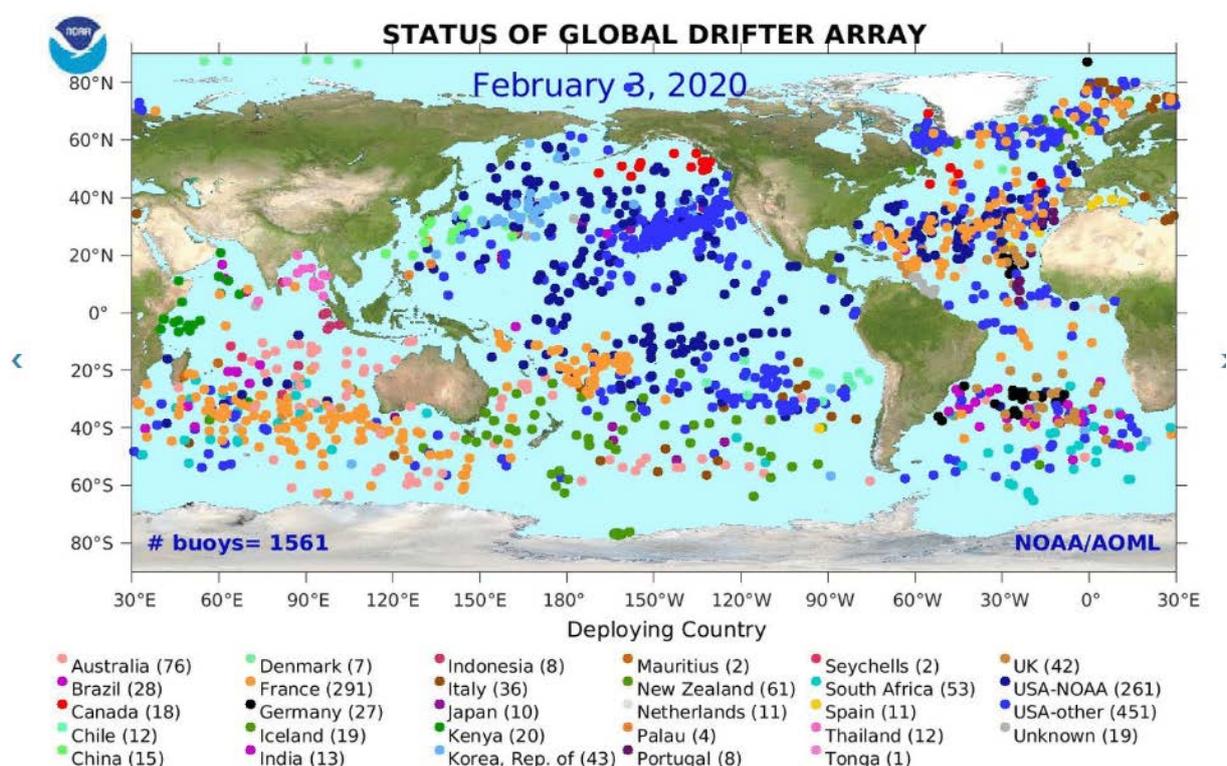
### 6.1 Bouées dérivantes Météo-France et E-SURFMAR

Météo-France maintient :

- Dans le cadre d'E-SURFMAR (programme européen d'observation marine de surface), un réseau de 100 bouées dérivantes dans l'Atlantique Nord et l'Arctique,
- Pour les besoins propres de Météo-France, un réseau de 10 bouées dans l'Atlantique Tropical Nord en saison cyclonique, et de 25 bouées dans l'Océan Indien,

Pour ce faire Météo-France a déployé en 2019 : 117 bouées SVP-B (bouées mesurant la pression atmosphérique) réparties comme suit : 88 en Atlantique, 6 en Arctique et 23 en Océan Indien.

Les données de toutes ces bouées dérivantes sont disponibles sur le Système Mondial de Transmission (SMT) des données météorologiques.



Carte des bouées du DBCP/GDP au mois de Février 2020

### 6.2 Projet TRUSTED : Towards fiducial Reference measurements of Sea-surface Temperature by European Drifters

Le projet TRUSTED a commencé ses déploiements opérationnels en février 2019.

Il s'agit d'un projet financé par EUMETSAT consistant à déployer 100 bouées d'un nouveau type (SVP-BRST) mesurant la pression atmosphérique et la température de la mer grâce à un capteur supplémentaire de haute précision, qui peut être étalonné.



Vérification de l'étalonnage de 2 bouées SVP-BRST dans le laboratoire de métrologie du SHOM, avant leur validation. Les bouées sont immergées dans un bac d'étalonnage rempli d'eau de mer.



Déploiement de bouées SVP-BRST par le Thalassa dans l'Atlantique tropical

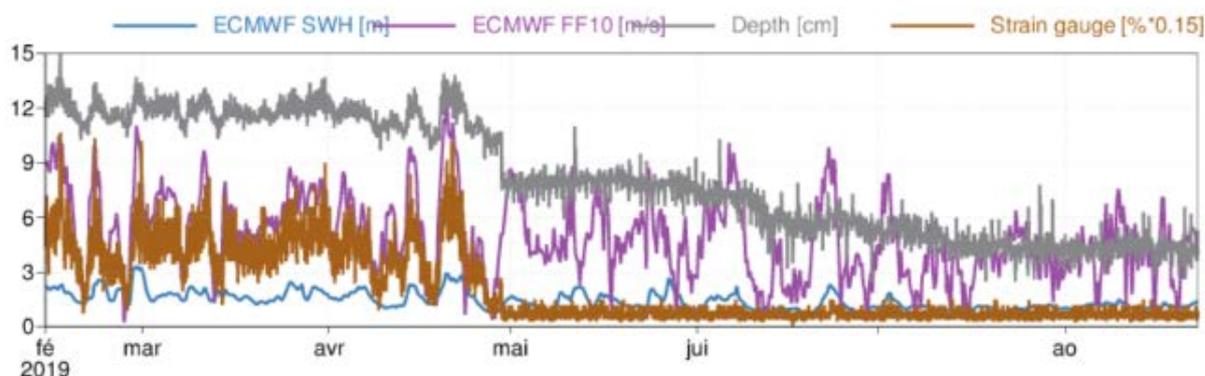
Ce projet est mené par un consortium regroupant CLS (Collecte et Localisation Satellite), NKE le constructeur, Météo-France pour les déploiements, le SHOM pour la métrologie, le BSH (Bundesamts für Seeschiffahrt und Hydrographie, Allemagne) pour des tests et un suivi en mer du Nord, et JCOMMOPS (Service Opérationnel de JCOMM) pour la gestion des métadonnées. Ces bouées servent à fournir des données de référence utiles à la calibration et à la validation des satellites Sentinel-3 SLSTR Copernicus.

Au 10/01/2020, 81 bouées ont été déployées sur tous les océans, 62 sont encore opérationnelles.



Carte des positions de déploiement des bouées SVP-BRST (points roses) le 10/01/2020

Les données ainsi obtenues couvrent une large gamme de conditions météorologiques possibles. Le capteur de mesure de l'immersion de la bouée, à l'intérieur du capteur HRSST permet ainsi de détecter de subtiles variations, comme la perte de l'ancre flottante de la bouée (cf. figure ci-dessous).



Séries temporelles de la bouée WMO 6203706 : immersion de la bouée (gris), capteur de submergence de l'ancre flottante (marron), co-localisées avec les données ECMWF de hauteur des vagues (bleu), des vents à 10m (violet)  
 Bien noter la chute de la pression hydrostatique associée à la chute de la tension de l'ancre flottante.

Des analyses plus détaillées des données obtenues sont menées par EUMETSAT. Selon les résultats de ces études, des bouées supplémentaires pourraient être déployées

### 6.3 Composante « Moyens à la mer »

La coopération avec la composante « Moyens à la mer » de Coriolis est essentielle pour mutualiser ou exploiter des navires susceptibles de mettre à l'eau ces bouées dérivantes.

Ainsi 9 opérations de déploiement ont été réalisées en 2019, pour un total de 47 bouées (dont 13 pendant la campagne PIRATA FR-29).

### 6.4 Composante « Centre de données »

#### 6.4.1 Données des bouées dérivantes

Le Centre de données Coriolis est l'un des deux GDAC (Global Data Acquisition Center) pour les bouées dérivantes, avec le Canada, dans la cadre du MCDS (Marine Climate Data System) de l'Organisation Météorologique Mondiale.

Le GDAC Coriolis est destinataire de toutes les données brutes des bouées dérivantes Météo-France et E-SURFMAR.

#### 6.4.2 Données de courant

Météo-France fournit, de manière hebdomadaire, les données de courant de surface de la mer déduites de la dérive de flotteurs de surface, à intervalles de trois heures. La plupart de ces flotteurs de type SVP (ou dérivés) participent au Global Drifter Programme du DBCP. Leur ancre flottante est centrée à 15 mètres de profondeur. La présence ou non de cette ancre est indiquée par un capteur de submergence.

En 2019 plus de 8.3 millions de vecteurs courant provenant de 2163 bouées dérivantes ont été transmis au Centre Coriolis.

### 6.4.3 Projet C-RAID: Copernicus Reprocessing and Access Improvement for Drifter data

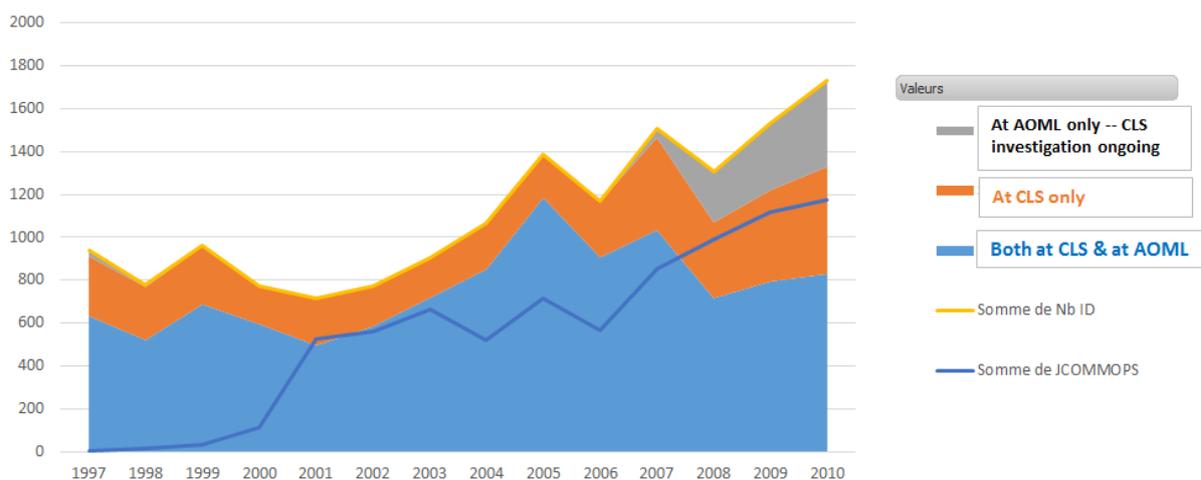
E-SURFMAR a servi de catalyseur à la création de ce projet, en rédigeant une proposition pour le retraitement des données des bouées dérivantes et en réunissant un groupe de partenaires.

Ce projet est financé par Copernicus inSitu et regroupe : EUMETNET, Météo-France, le Centre de Données Coriolis, CLS, et un partenaire privé (ALTRAN).

Il a pour objectifs :

- Un enregistrement des données des bouées dérivantes de type SVP (et ses dérivées : SVP-B, ...) pour la période 1997-2010,
- Une interface éprouvée pour accéder à ces données, via le GDAC Bouées dérivantes (Centre de données Coriolis), permettant la visualisation des données et les téléchargements via une API machine-to-machine.

La première tâche de ce projet a été la récupération des données. Alors qu'il y avait une archive conséquente à la NOAA/AOML, une inspection de l'archive CLS, qui a été le seul opérateur pour la transmission des données des bouées pendant de longues années, a montré que le retraitement de nombreuses années de données était nécessaire. La figure ci-dessous donne une première indication du nombre de données disponibles, par année. Une investigation est en cours pour essayer de comprendre la différence apparaissant après 2008, et donc essayer de retraiter ces données depuis l'archive CLS.



Nombre de bouées Argos uniques, par an, dans la base de données NOAA/AOML seulement (gris), à la fois chez CLS & AOML (bleu), chez CLS uniquement (orange). La courbe jaune indique la somme totale. La courbe bleue indique le nombre d'identifiants de bouées trouvés dans la base de données JCOMMOPS.

## 6.5 Composante « Moyens côtiers »

### 6.5.1 Bouées ancrées

Météo-France maintient :

- En propre : 2 bouées ancrées multi-instrumentées en Méditerranée (LION, COTE D'AZUR), 1 bouée ancrée multi-instrumentée aux Antilles (ANTILLES).
- En coopération avec le UK MetOffice : 2 bouées ancrées multi-instrumentées dans le Golfe de Gascogne (BRITTANY, GASCOGNE).



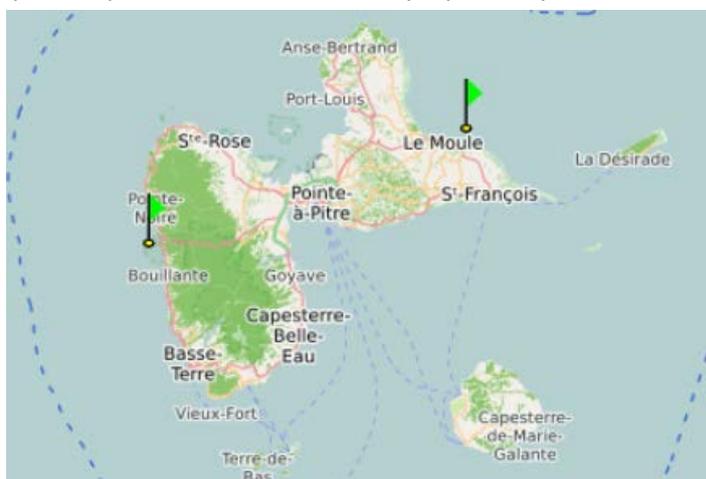
Position des bouées ancrées

La bouée ANTILLES a été remplacée en Novembre 2019. La bouée LION a été remplacée en Février puis Octobre 2019. Les capteurs de recherche (sondes de température SP2T et thermosalinographes SBE37) présents sur les lignes de mouillage des deux bouées ancrées méditerranéennes ont été relevés et remplacés en juin 2019 pour la bouée COTE D'AZUR et lors de chaque remplacement pour la bouée LION.

### 6.5.2 Houlographes

Les deux houlographes TRIAXYS de Guadeloupe ont été tous les deux sujets à des déradages (l'un par un plaisancier, l'autre vraisemblablement par un navire de commerce au vu des avaries subies) et ont nécessité chacun une réinstallation.

Un nouvel houlographe, acquis en 2019, doit être déployé à Mayotte en début 2020.



Côte Caraïbes  
OMM :  
4100136

Port du  
Moule OMM :  
4100135

Position des houlographes de Guadeloupe



POLI Paul  
  
Météo-France  
BREST  
  
[paul.poli@meteo.fr](mailto:paul.poli@meteo.fr)



EMZIVAT Gilbert  
  
Météo-France  
BREST  
  
[gilbert.emzivat@meteo.fr](mailto:gilbert.emzivat@meteo.fr)



## 7. SERVICE D'OBSERVATIONS MEMO – MAMMIFERES MARINS

Rédacteur : Christophe Guinet



### Avant-propos

L'Océan Austral joue un rôle fondamental dans la régulation du climat mondial. Cet océan abrite aussi des ressources marines d'une très grande valeur économique et patrimoniale. Du point de vue de l'océanographie physique, l'Océan Austral est un système d'une très grande complexité et les processus biologiques qui y sont reliés -et très largement déterminés par ces caractéristiques océanographiques- le sont plus encore. De très gros efforts nationaux et internationaux sont dirigés vers la modélisation des processus d'océanographie physique afin de prévoir la réponse de l'Océan Austral aux changements climatiques globaux et le rôle joué à grande échelle par cet océan dans les processus climatiques. Le SO-MEMO vise à compléter les autres moyens d'observations (CTD navires, XBT, Profileurs Argo) en utilisant des prédateurs marins plongeurs, et tout particulièrement les éléphants de mer, équipés de balises comportant des capteurs de température/conductivité pour obtenir, en temps réel et temps différé, sur l'ensemble de l'année, des quantités importantes d'informations localisées dans le temps et dans l'espace sur les conditions océanographiques de l'Océan Austral tout en étudiant l'écologie en mer de ces prédateurs.

### 7.1 Nouvelle Balise CTD-Fluo-Lumière.

Initialement nous utilisons un fluorimètre Cyclops 7 de Turner Design qui était intégré à la balise CTD. Aujourd'hui Valeport a développé un nouveau capteur relativement compact intégrant les mesures de température, salinité et fluorescence. Par ailleurs un capteur de lumière est maintenant systématiquement intégré aux balises océanographiques (CTD et CTD-Fluo) du SMRU afin d'évaluer l'atténuation de la lumière dans la couche euphotique qui nous renseigne sur le profil de concentration en phytoplancton (Bayle et al. 2015). La mesure de la lumière étant peu consommatrice en énergie, ce paramètre peut être échantillonné continuellement alors que seul 3 à 4 profils de fluorescence peuvent être mesurés par période de 24 heures. La température et salinité peuvent être échantillonnées en continu (0.5 Hz) pendant 100 jours (i.e. pendant la durée du voyage post-reproduction des femelles). Lors du travail de Master de Loïc le Ster (2019) conduit en collaboration avec Hervé Claustre (LOV) et David Nerini (MIO) nous avons évalué la précision de l'utilisation de la lumière versus la mesure de fluorescence pour estimer les biomasses en Chlorophylle a. Les résultats sont très encourageants et appliqué à un profileur Argo-bio déployé dans la zone Est-Kerguelen nous avons une différence de moins de 6 % de la biomasse en Chlorophylle a entre ces deux approches entre le 16/10/2016 et le 28/04/2018. Ces résultats sont très prometteurs et nous permettent d'envisager d'évaluer les variations de profils de concentration en phytoplancton à très fine échelle (i.e. kilométrique).

### 7.2 Test d'un nouveau capteur de salinité

En collaboration avec le SMRU, et suite aux essais infructueux conduits en 2017, un nouveau capteur de salinité, moins volumineux et moins coûteux que celui développé par Valeport (qui équipe à ce jour les balises océanographiques du SMRU) est en cours de test. Les tests en bassin ont permis d'établir que la

précision absolue en température et en salinité est supérieure (0.005°C et 0.01 PSU) au capteur Valeport. Cependant reste à conduire les tests en conditions réelles et évaluer l'effet de la pression sur la précision des mesures. Les deux premiers déploiements sur éléphant de mer sont programmés pour octobre 2019 à Kerguelen.

En octobre 2019, nous avons déployé la première balise CTD pour animaux plongeurs conçue et développée par Wildlife Computer. Les données sont en cours d'acquisition et de transmission (Figure 1). Cette balise a été déployée simultanément à une balise CTD du SMRU et a été récupérée en février 2019 aux îles Falkland. Les analyses conduites depuis révèlent que les données sont de bonnes qualités avec néanmoins un défaut de mesure de pression facilement corrigeable et un effet de constante temps sur la température induisant des "spikes" de salinité. Ce problème est déjà rencontré sur les balises CTD du SMRU, mais semble plus marqué sur la balise Wildlife computer et nécessite la mise en place de mesure correctives (Figure 1). Les données seront alors analysées et un diagnostic précis de la qualité des données établi. Cependant le coût prohibitif de ce modèle de balise (15 000 \$) rend peu probable l'utilisation à large échelle de ce modèle de balise par la communauté scientifique. Par ailleurs le capteur de salinité est constitué d'un tube en verre ce qui pose la question de sa solidité et durabilité. Deux nouvelles balises CTD-WC ont été déployées en Argentine en octobre 2019 et devraient être récupérées en janvier 2020.

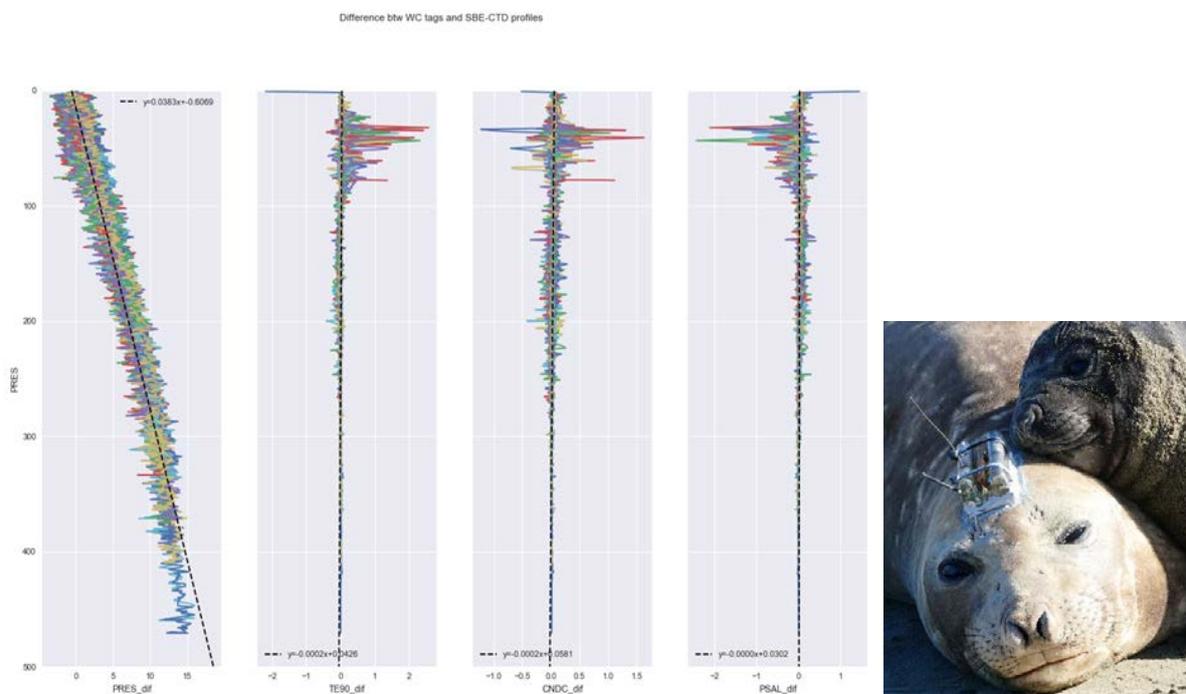


Figure 1 : Gauche : Femelle éléphant de mer équipée au mois d'octobre 2019 en Péninsule Valdez, Argentine, du premier prototype d'une balise Argos CTD développée par Wildlife Computer. Comparaison entre les mesures effectuées par la balise CTD-WC contre la CTD d'un navire océanographique de gauche à droite : des mesures de pression, différence de température, conductivité et Salinité.

### 7.3 Extension programmée du SNO-MEMO en Arctique

En mars 2018, dans le cadre d'un projet collaboratif financé par BNP Paribas (projet SENSEI, PI. C. Barbraud, Y. Robert Coudert) huit femelles phoque à capuchon ont été équipées par Tiphaine Jeanniard du Dot et Mike Hammill (pêche et océan Canada). Toutes les femelles équipées ont été s'alimenter sur la côte Est Groenland (Figure 2 à gauche en couleur). Les trajets des nouveaux nés au cours de leur première année de sont représentés sur la Figure 2, à droite. Ces jeunes phoques n'étaient pas équipés de balises océanographiques qui sont trop volumineuses. Ils prospectent l'ensemble de la côte Est Groenland et constituent la classe d'âge la plus intéressante à étudier pour étudier les processus océanographiques de cette zone pour laquelle le déficit de données océanographiques est particulièrement criant. Cependant

compte tenu de la taille de ces jeunes phoques cela nécessite le développement de balises plus compactes que celles utilisées à ce jour sur les phoques adultes.

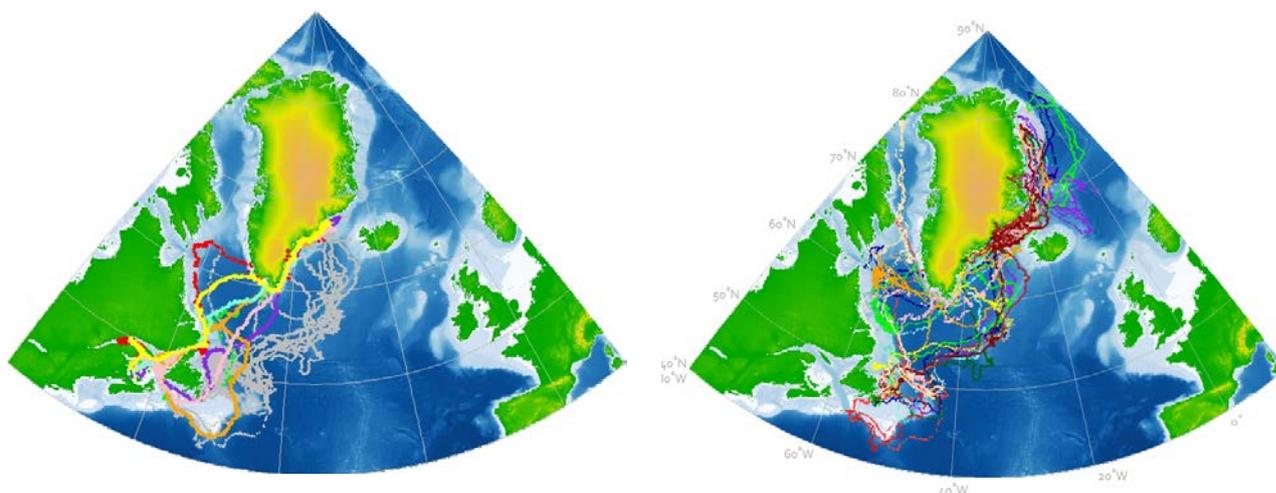


Figure 2 : Gauche : cartographie des trajets effectuée par des femelles phoque à adultes entre le mois de février et juin 2018, Les trajets en gris correspondent aux trajets suivis par les nouveaux nés pour la même période de l'année (mars-juin). Droite : trajet effectué par de jeunes phoques à capuchon équipés au large de Terre Neuve en février 2017 et qui ont été suivi pour certains d'entre eux jusqu'au mois de juin 2018.

Ces travaux ont été poursuivis en 2019, 5 femelles phoque à capuchon ont été équipées de balises CTD-SMRU. Comme il n'est pas envisageable de recapterer les phoques à capuchon pour récupérer les balises et par conséquent les données qu'elles contiennent de nouvelles fonctionnalités ont été développées. Ces balises ont transmis d'une part les données océanographiques et d'autre part les données écologiques tels que les profils de plongés simplifiés, le nombre de tentatives de captures de proie et un indice d'effort de nage. Ces données permettent de relier les variations de performances de pêche en fonction du contexte océanographique local et ainsi de mieux évaluer les conséquences écologiques associées aux variations des conditions océanographiques chez des espèces de phoques vivant en association avec la glace de mer. Un des objectifs d'une extension du SNO-MEMO à l'arctique est de pouvoir mobiliser à moyen terme des financements européens sur la problématique des conséquences écologiques des changements climatiques et océanographiques en cours.

En octobre 2019, 10 femelles éléphants de mer se reproduisant sur la péninsule Valdés en Argentine ont été équipées d'une série de balises océanographiques et d'enregistreurs multifonction (GPS accélération, magnétométrie, pression, acoustique, micro-sonars actif, capteurs de lumières...) afin de mieux comprendre les processus océanographiques et météorologiques contrôlant la très forte productivité associée au courant des Malouines (ondes internes, phénomène de divergence, effet du vent...). Les données océanographiques collectées sont intégrées en temps réel dans CORIOLIS et les jeux de données basse et haute fréquence seront intégrés en temps différé dans MEOP pour les balises récupérées. L'intégralité des balises déployées en octobre 2018 ont été récupérées et les données obtenues sont en cours d'analyse. Ce programme est conduit en collaboration avec des collègues argentin biologistes (Claudio Campagna) et Océanographes (Martin Saraceno, Alberto Piola), Britanniques (M. Johnson du SMRU et Australien (M. Hindell, IMAS).

## 7.4 Déploiements effectués prévus à Kerguelen et en Argentine

### 7.4.1 Post-mue

2019 : 49 balises CTD IMOS ont été déployées en janvier-février 2018, huit d'entre-elles ont été récupérées à ce jour (12 femelle i.e. 80 %) et 3 sur des mâles (i.e. 25 %) à l'issue d'un voyage de huit à neuf mois. Ces balises ont permis la transmission de 12090 profils T/S temps réels et il est trop tôt pour connaître le nombre de profils temps différés (mais nous estimons en récupérer de l'ordre de 50000).

### 7.4.2 Post-reproduction

2018-2019 : 15 femelles ont été équipées d'une combinaison de différents modèles de balises océanographiques (T/S/Fluoro) et d'enregistreurs hautes fréquences à Kerguelen en octobre 2018. 13 ont pu être récupérées après avoir assuré la transmission d'environ 7000 profils T/S basse résolution et 58 000 profils T/S temps différés haute fréquence ont pu être recueillis à partir des 13 balises récupérées.

2019-2020 : 15 femelles ont été équipées de différents modèles de balises océanographiques (T/S/Fluoro) à Kerguelen en octobre 2019. Ces femelles sont en mer au jour de l'écriture de ce rapport.

### 7.4.3 Autres déploiements réalisés en 2019 :

En octobre 2019, 10 femelles éléphants de mer ont été équipées en Argentine dans le cadre d'un projet collaboratif argentin-français-australien sur un financement initialement alloué par le CNES-TOSCA, complétés par des financements australiens, argentins et français.

## 7.5 Travaux prévus en lien avec la fonction observatoire.

Les travaux de recherche conduits par Dorian Cazau ont montré qu'il était possible d'évaluer à partir des mesures acoustiques en profondeur (>200m), et des mesures d'accélération en surface quand les éléphants de mer respirent qu'il était possible d'estimer la force du vent, l'état de la mer ainsi que la direction du vent (Cazau et al 2017a, et Cazau 2017b).

Par ailleurs les travaux réalisés par Severine Bayle (2015) et Yves Le Bras (2017) ont montré qu'il était possible de reconstruire de profils verticaux de concentration en phytoplancton à partir de la mesure de l'atténuation instantanée de la lumière.

Nous disposons aujourd'hui de très nombreuses plongées associées à des mesures acoustiques et d'accélération ainsi que plusieurs centaines de milliers de profils de température et salinités associés à des mesures de profil d'atténuation de la lumière qui doivent permettre d'estimer les profils de concentration en phytoplancton.

Dans le cadre de la contribution du CNES au Pôle Mer au système ODATIS Loic le Ster assure :

1. La mise en place des chaînes opérationnelles de traitement de lumière afin de les transformer en profil de concentration en chlorophylle-a. Chaque profil sera associé à un indice de confiance (Flag).
2. La mise en place avec l'aide de Dorian Cazau, de la chaîne opérationnelle de traitement des données acoustique afin d'estimer le vent (force et direction), les précipitations, et l'état de la mer (fréquence et amplitude de la houle).
3. Lia Siegelman-Chabit a développé un outil de correction des profils de température et salinités haute fréquence. En effet des changements rapides de température dans la colonne d'eau entraînent des phénomènes d'hystérésis liés au temps de réponse des capteurs. Cela se traduit par des « spike » de salinité et de densité. Ces travaux ont permis d'exploiter totalement le potentiel des données hautes fréquences collectées par les éléphants de mer et ont permis d'estimer la vitesse des courants advectifs verticaux et les flux de chaleurs au sein d'un champ tourbillonnaire. Ces travaux ont été publiés dans Nature Geoscience (Siegelman et al. 2019).

## 7.6 Orientation scientifique.

### Champs Biologiques

Les balises déployées sur les femelles pendant la période post-reproduction outre la collecte de données océanographiques (T/S) haute fréquence (qui alimente les services d'observation des océans), permettent de collecter simultanément des informations sûres :

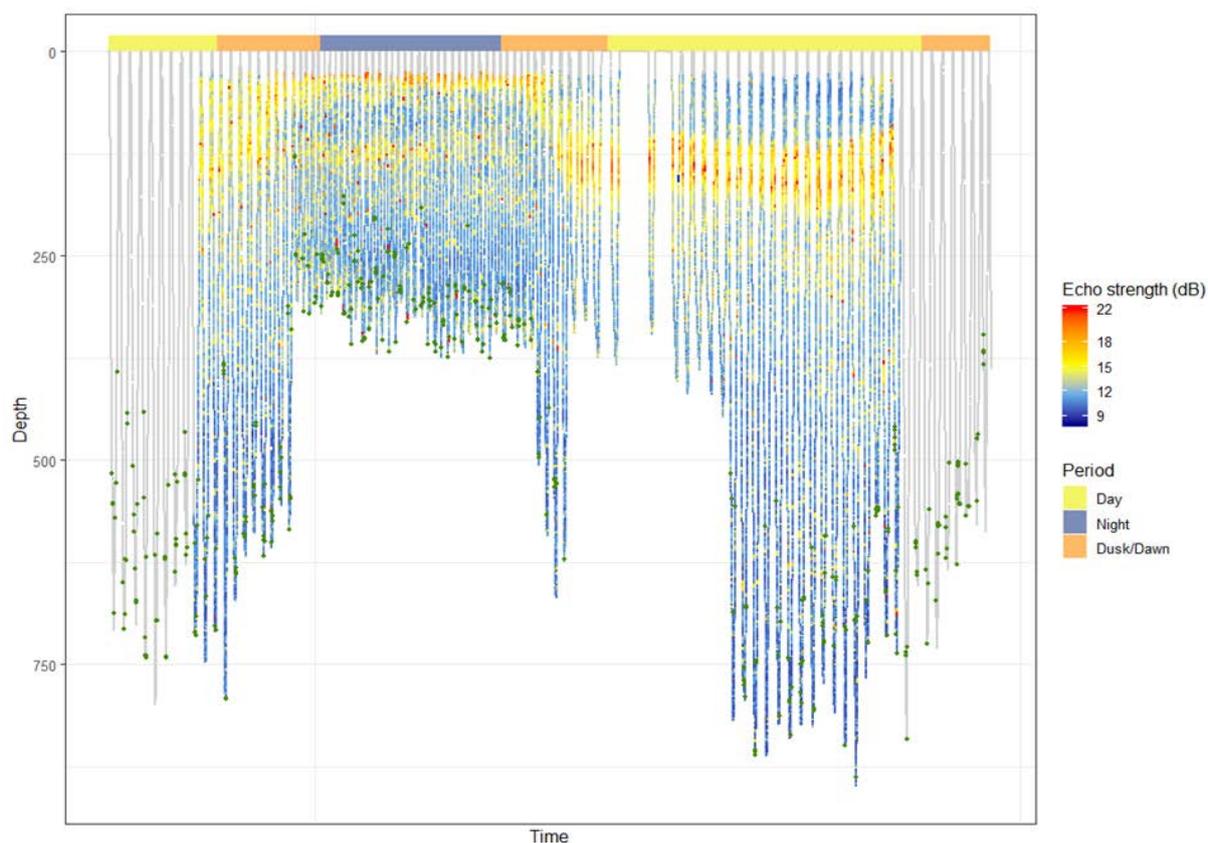
- la concentration en phytoplancton via la mesure de la fluorescence et de la lumière
- la présence et l'abondance des niveaux trophiques intermédiaires (zooplancton, poissons et calmars...) à partir de la mesure d'un ensemble de mesure (bioluminescence, indice de taux de tentative de capture de proies et acoustique active embarquée).

En effet suite aux précédents travaux 4 micro-sonars actifs haute fréquence (1,5 MHz) couplés à des capteurs de lumières (bioluminescence) ont été déployés en 2019 sur des femelles éléphants de mer afin de caractériser l'environnement proche (quelques mètres) situé au-devant de l'éléphant de mer. Ces micro-sonars ont été développés par M. Johnston du SMRU (Figure 3). Les premiers résultats sont à la hauteur de nos espérances et permettent de détecter les organismes biologiques dont la taille varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres dont les proies ciblées par les éléphants de mer (Figure 4).

Ces deux catégories appareils, financés via le CNES-TOSCA (PI. C. Guinet) permettent d'échantillonner de façon continue sur période d'un mois les concentrations en plancton et micro-necton dans la colonne d'eau au cours de la plongée. Ces données uniques et sans équivalent au monde permettent d'étudier l'influence des processus océanographiques sur la structuration horizontale et verticale des champs biologiques.



Figure 3 a & b : femelle équipée en octobre 2017 à Kerguelen d'un micro-sonar actif déployé sur la tête et d'une balise océanographique CTD-Fluo déployée sur le dos. Enregistrement obtenu sur une période de 16 heures mettant en évidence des migrations nyctémérales d'organismes mésopélagiques correspondant à la couche diffusante. Il est à noter que l'éléphant de mer va s'alimenter au-delà de cette couche. Les tentatives de captures de proies correspondent aux points verts.



### 7.6.1 Formation d'eau dense Antarctique

Le deuxième projet scientifique porte sur l'évaluation des variations de formation d'eau dense antarctique dans les polynies, où s'alimentent les mâles éléphants de mer de Kerguelen, en fonction des épisodes et de l'intensité des vents catabatiques et de la température atmosphérique. Pour cela une nouvelle génération de balises CTD est en cours de développement par le SMRU dans le cadre de ce programme soumis à l'appel d'offre CNES CFOSAT. Ces balises intègrent un capteur acoustique afin d'estimer la force du vent et un capteur de température permettant de mesurer la température atmosphérique lorsque l'éléphant de mer respire en surface. Les deux premiers prototypes de balises CTD-acoustiques seront déployés à Kerguelen début 2020.



Figure 4 : Première balise CTD-acoustique réalisée dans le cadre du programme CNES-TOSCA Polynie.

## 7.6.2 Projet ERC-Synergy-Overtun

Le troisième projet correspond à une demande de financement ERC-Synergie co-portée par G. Reverdin, A. Olsen et al et à laquelle est associée Tiphaine Jeanniard du Dot (CR CNRS, CEBC) permettra d'assurer le développement d'une nouvelle balise océanographique compacte équipée d'un capteur de salinité de très petite taille afin d'équiper cinquante jeunes phoques à capuchon sur deux périodes de 16 mois pour collecter des informations sur les contenus d'eau douce et le transport dans la zone Est-Groenland. Ce projet n'a pas été financé en 2019 (1er sur la liste d'attente) mais a été resoumis pour 2020. Les 2 premiers prototypes seront déployés pour être testés sur des éléphants de mer à Kerguelen en janvier 2020 afin d'avancer sur la mise au point.

## 7.6.3 Moyens humains, financiers et institutionnels

### 7.6.3.1 Moyens humains

Le SNO-MEMO, a longuement été pénalisé par l'absence de moyens humains permanents dédiés à la gestion, validation, correction et distribution des données océanographiques collectées dans le cadre du SNO-MEMO.

Le SNO MEMO a été renforcé par l'arrivée en 2017 de **Bruno Mansoux** (IR CNRS qui consacre 50 % de son temps au SNO) et le reste de son temps à l'aide à la gestion des bases de données de l'UMS PELAGIS et au soutien des actions de BBEES. Il s'avère que compte tenu de la diversité de ses fonctions et le volume de données et de balises à gérer (test en métrologie, gestions des envois, des commandes) et de la mise en œuvre de nouveau programme que la charge de travail est très (trop) lourde et trop diversifiée.

**Baptiste Picard** assure sous contrat CDD porté par l'université de la Rochelle l'essentiel du travail opérationnel d'organisation des campagnes de déploiement des balises (commandes et expédition de l'ensemble du matériel nécessaire au déploiement et récupération des balises) et de la gestion des données océanographiques et biologiques collectées dans le cadre du SNO-MEMO. Baptiste Picard tentera à nouveau en 2020 le concours interne d'IE CNRS. La non titularisation de Baptiste Picard dans ses fonctions (qu'il occupe depuis 8 ans) remettrait l'existence même du SNO-MEMO.

**Fabien Roquet** constitue une pièce maîtresse du dispositif MEOP poursuivra ses travaux de recherche sur l'Océan Austral. Il assure l'animation et la mise à jour du portail MEOP, cependant sans le soutien de Baptiste Picard, Fabien Roquet n'est plus en capacité compte tenu de sa charge de travail (professeur d'océanographie à l'université de Göteborg, Suède) d'assurer seul la gestion et le maintien du portail MEOP.

Par ailleurs une jeune chargée de recherche, **Tiphaine Jeanniard du Dot** recrutée au CNRS-CEBC en 2018, développe son activité de recherche sur les phoques échantillonneurs du milieu océanique essentiellement en Arctique. Elle effectuera aussi des travaux de recherche sur les éléphants de mer (pratiquement la seule espèce pour qui il est possible de récupérer des jeux de données haute fréquence car pouvant être recaptures).

Un doctorant, **Martin Tournier** a débuté fin 2018 sa thèse sur les données hautes fréquences collectées par les éléphants de mer et ayant pour but d'étudier l'influence des conditions océanographiques sur la structuration verticale et horizontale des champs biologiques (Phytoplancton, niveaux intermédiaires, et proies des éléphants de mer).

**Julie Mestre** entame sa troisième année de doctorat. Cette thèse vise à étudier l'influence de l'habitat de pêche et de la variabilité interannuelle des conditions océanographiques sur les performances de pêche et démographiques de la population d'éléphants de mer de Kerguelen.

**Pauline Goulet**, dirigée par **M. Johnston** assure dans le cadre de son doctorat le développement des micro-sonars et des balises acoustiques et étudie plus particulièrement les niveaux trophiques intermédiaires à partir des données collectées.

**Lia Siegelman-Charbit** dirigée par **P. Klein et P. Rivière** produit à partir des données de densité éléphants de mer haute fréquence Statistiques du champ de vitesse verticale à sous-méso échelle dans l'Océan Austral en lien avec le programme SWOT.

Enfin **Loïc Le Ster** va prolonger son CDD en entamant une thèse de doctorat cofinancée par le CNES et l'ERC d'Hervé Claustre. Cette thèse vise à évaluer l'évolution quantitative et qualitative de la biomasse phytoplanctonique pour le secteur Indien de l'Océan Austral.

#### 7.6.4.2 Moyens financiers et partenariat

Une analyse des fonctions et des financements apportés par le CNES sur les fonctions récurrentes observatoire (Pôle Mer ODATIS) et des fonctions recherches (soutenus par le CNES-TOSCA et ou des programmes dédiés a été conduit en 2019 avec Anne Lifermann et Thierry Guinle.

Un financement récurrent de l'ordre de 30 k€/an sera apporté par le CNES pour assurer le renouvellement du parc de balise déployé à Kerguelen. Chaque année des balises sont perdues ou endommagées. Ce financement permet le remplacement de 4 à 5 balises par an (1/3 des balises déployées sur les femelles en post reproduction) de couvrir avec la contribution INSU au SNO MEMO les frais de fonctionnement du SNO (12 k€). Le SNO-MEMO a été renouvelé en 2019 sur la période 2020-2023 (4 ans).

L'IPEV assure le soutien logistique et financier de ce programme (IPEV 1201, P.I. C. Gilbert) : 1 VSC 9 mois/an, 5 Campagnes d'été/an, 15 k€ d'équipement et 8 k€ de fonctionnement.

Le CNES-TOSCA assure dorénavant uniquement le financement des opérations de recherche. Ces financements pouvant être complétés par d'autres sources (ANR, ERC, Fondation, Région...).

Enfin un partenariat étroit existe, et est en cours de formalisation au travers d'une convention de partenariat, avec l'IMOS (Integrated Marine Observing System) d'Australie porté par nos collègues Australiens (R. Harcourt, C. Mc Mahon et M. Hindell) sur la partie bio-échantillonneurs animaux. Les îles Kerguelen étant leur principal site de déploiement de balises. Ce partenariat nous permet d'assurer la collecte de profil de température salinité tout au long du cycle annuel sur le secteur Indien de l'océan Austral et en continu et cela depuis 2004. Ce partenariat privilégié avec IMOS depuis 2011 se poursuivra au moins jusqu'en 2022 avec la fourniture d'une cinquantaine de balises CTD par an dont 10 à 20 % seront aussi équipées de fluorimètres.

Un partenariat est en cours d'élaboration avec l'université de Buenos Aires (M. Saraceno et A. Piola) et vise à l'établissement d'une série interannuelle à l'échelle des 4 prochaines années dans le secteur Atlantique Sud Argentin. Ce partenariat implique nos collègues australiens d'IMOS.

#### 7.6.4 Environnement institutionnel

En 2018, le SNO-MEMO a été rattaché à l'OSU Aquitain (OASU) et renouvelé en 2019.

### 7.7 Références

BAYLE S., MONESTIEZ P., NERINI D, GUINET C. (2015) Moving toward finer scales in oceanography: predictive linear functional model of chlorophyll a profile from light data. *Progress in Oceanography*. 134:221-231. Doi: 10.1016/j.pocean.2015.02.001

CAZAU D., BONNEL J., JOUMA'A J., LE BRAS Y., GUINET C. (2016) Measuring the marine soundscape of the Indian Ocean with Southern Elephant Seals used as acoustic gliders of opportunity. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 34:207–223. DOI: 10.1175/JTECH-D-16-0124.1

CAZAU D., PRADALIER C., BONNEL J., GUINET C., (2017). Do Southern Elephant Seals buoy like meteorological buoys? *Oceanography* 30(2):140–149, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.236>.

Lebras Y. (2017) Phoques bio-échantillonneurs des conditions océanographiques et de la distribution de ressources marine: ajustement de leur réponse comportementale à la variabilité environnementale. Thèse de Doctorat. Université de la Rochelle.

SIEGELMAN-CHARBIT L, ROQUET F, MENSAH V, RIVIÈRE P, PAUTHENET E, PICARD B, GUINET C (in review) Correction and accuracy of continuous high-resolution CTD data from animal-borne instruments. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology

SIEGELMAN Lia, KLEIN Patrice, RIVIÈRE Pascal, THOMPSON Andrew F., TORRES Hector S., FLEXAS Mar, MENEMENLIS Dimitris (2019). Enhanced upward heat transport at deep submesoscale ocean fronts. Nature Geoscience. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0489-1>



GUINET Christophe

INEE  
Centre d'Etudes Biologiques de Chizé

[Christophe.GUINET@cebc.cnrs.fr](mailto:Christophe.GUINET@cebc.cnrs.fr)



## 8. MESURES NAVIRES

Rédacteurs : L Petit de la Villéon (Ifremer), D. Diverrès (IRD),  
E. Alessandrini (CNRS), X. Morin (IPEV), M. Le Menn (SHOM),  
Y. Gouriou (IRD)

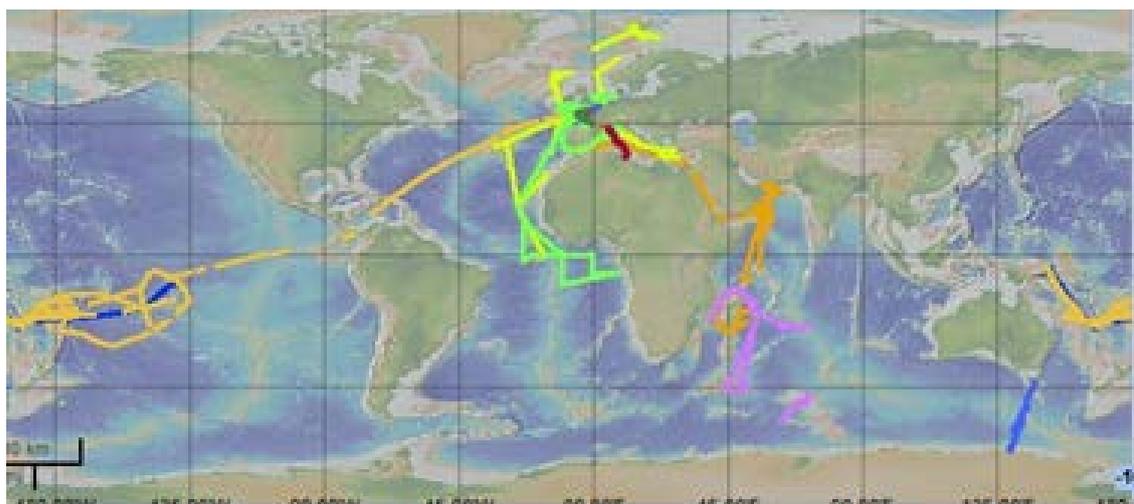


Après remise à jour, en 2018, des logiciels nécessaires à la transmission des données TSG sur les navires de recherche de la FOF – Flotte Océanographique Française, l'ensemble des navires de recherche transmet les données TSG en temps réel.

17 navires transmettent régulièrement leurs données vers le centre de données Coriolis

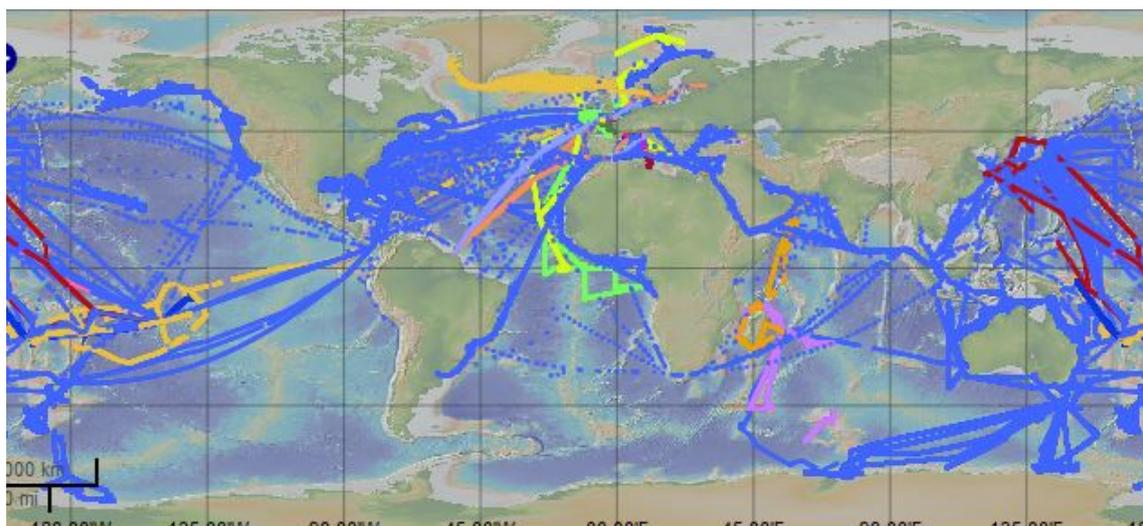
- ALIS (IRD)
- ANTEA (IRD)
- MARION DUFRESNE (IPEV)
- BEAUTEMPS BEAUPRE (SHOM)
- THETHYS 2 (CNRS)
- NEOMYSIS (CNRS)
- NEREIS II (CNRS)
- ANTEDON (CNRS)
- SAGITA II (CNRS)
- COTES DE LA MANCHE (CNRS)
- ALBERT LUCAS (CNRS)
- SEPIA II
- THALIA (IFREMER)
- THALASSA (IFREMER)
- EUROPE (IFREMER)
- L'ATALANTE (IFREMER)
- POURQUOI PAS ? (IFREMER)

Les données acquises à bord de l'ASTROLABE sont gérées par le SNO-SSS, Les données de TARA sont gérées par le LOCEAN.



Acquisition de données TSG à bord de navires de recherche français En 2019

L'ensemble de ces données est agrégé avec d'autres données TSG de différentes provenance (dont le GTS) et est distribué sur le portail spécialisé GOSUD.



Les données des navires de recherche sont transmises en temps réel vers Coriolis, GOSUD et vers l'INSTAC de Copernicus. Les données des navires hauturiers sont ensuite traitées (IRD) en temps différé selon la procédure élaborée par le SNO-SSS. Un nouveau jeu de données prometteur : voiliers d'opportunité (Contribution de Thierry Reynaud LOPS) Plusieurs releases de jeux de données acquises à bord de voiliers d'opportunité et traités en temps différé ont été effectuées.

Reynaud Thierry, Kolodziejczyk Nicolas, Maes Christophe, Gaillard Fabienne, Reverdin Gilles, Desprez De Gesincourt Floriane, Le Goff Hervé (2015). Sea Surface Salinity from Sailing ships: Delayed mode dataset, annual release. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/39476>



Petit de la Villéon Loïc

Ifremer

[petit@ifremer.fr](mailto:petit@ifremer.fr)

Diverres Denis

IRD

[Denis.Diverres@ird.fr](mailto:Denis.Diverres@ird.fr)

Le Menn Marc

SHOM

[Marc.lemenn@shom.fr](mailto:Marc.lemenn@shom.fr)

Alessandrini Emmanuel

Division Technique INSU - CNRS

[emmanuel.alessandrini@cnr.fr](mailto:emmanuel.alessandrini@cnr.fr)

## 9. GLIDER

*Jeanne Melkonian DT INSU /CNRS*

### 9.1 Evolution de l'équipe Gliders du Parc de la DT-INSU

L'équipe Glider a été profondément transformée suite aux départs de Jean-Luc Fuda et Pierrette Duformetelle (Ifremer) en 2018. Des CDD et des stagiaires ont permis pendant un temps d'absorber ces modifications et de permettre au Parc de poursuivre ses activités.

Jeanne Melkonian a pris la responsabilité du Parc Gliders de la DT-INSU depuis Janvier 2018, le Parc a par ailleurs enregistré la prise de poste d'un AI (Stéphane Renouf) le 1<sup>er</sup> octobre 2018, l'équipe est complétée par l'arrivée d'un nouveau IE CDD (Louis Sanson) pour la période du 1<sup>er</sup> octobre 2018 au 30 Avril 2019, ainsi que le renouvellement par l'INSU du CDD de Paul Dasi jusqu'au 30 novembre 2019, puis de sa prise de poste au 1<sup>er</sup> décembre 2019 suite à sa réussite au concours externe pour le poste du Parc Glider. Pascal Guterman (IR) et Céline Laus-Heyndricks (IE) travaillent par ailleurs 10 % de leur temps au prétraitement des données gliders.

### 9.2 Opérations à la mer

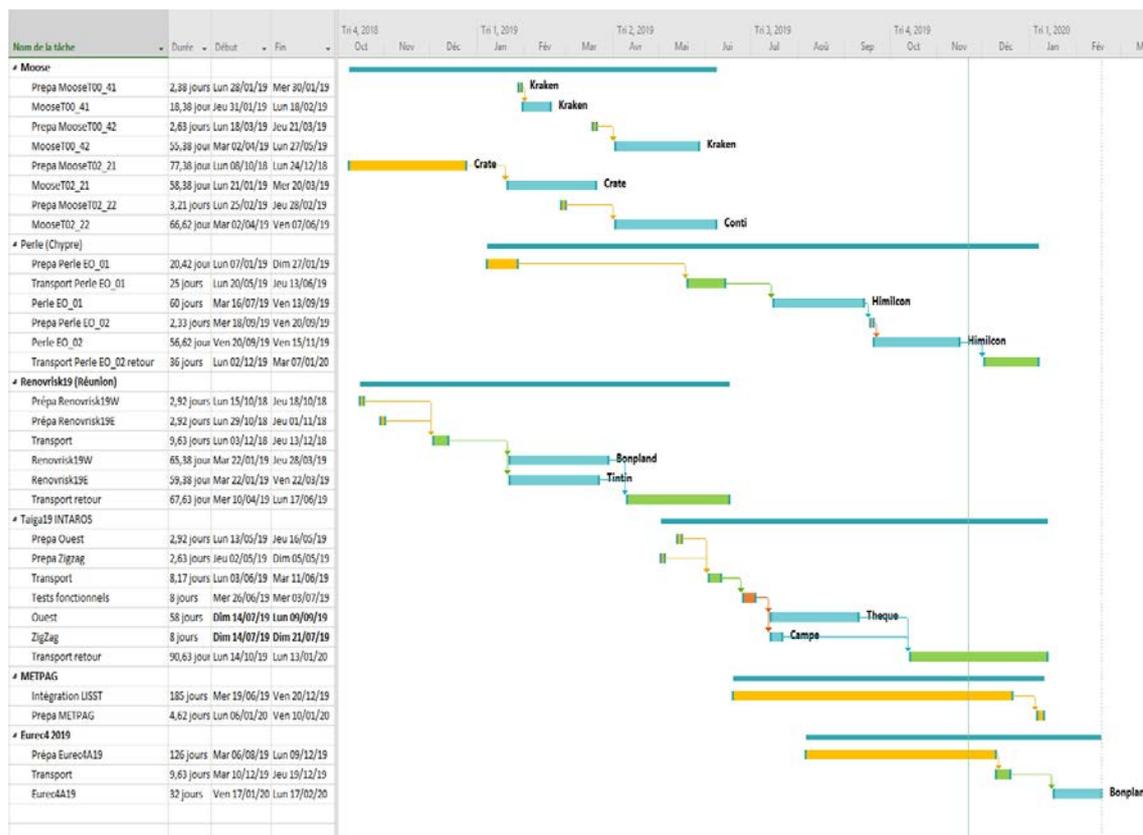
Deux gliders ont été déployés en parallèle pendant 2 mois à La Réunion pour Renovrisk en début d'année. Pour les deux radiales de Moose, le Seaglider et un slocum ont été déployés sur la radiale Marseille-Minorque, et sur la radiale Nice-Calvi c'est le SeaExplorer, tout juste livré par la société Alseamar, qui a effectué les missions. Le peu d'opérations nécessaires à sa re-préparation entre deux déploiements du fait de ses batteries rechargeables, ont délesté l'équipe de temps de travail en atelier ce qui a permis aux agents de se concentrer sur d'autres opérations.

Comme pour l'année précédente, deux gliders ont été envoyés au Svalbard pour Taiga. Malheureusement, le premier a été récupéré après 10 jours de mission à cause d'une fuite. Le second a réalisé sa mission complète pendant 2 mois.

Le glider Himilcon a été déployé deux fois 36 jours depuis Chypre pour la mission Perle. Le premier déploiement a été arrêté après une suspicion de dysfonctionnement de la pompe de ballaste. Le second a été interrompu après une perte de communication (et du glider).

Deux projets d'intégration de capteur sont en cours. Pour le projet Metpag, le capteur LISST prêté par l'Université de Rutgers est installé sur un G2 Crate, et nous travaillons à la configuration de la baie scientifique. Quant à Octopus (UVP6), une équipe transverse a été montée au sein de la DT pour l'aspect mécanique de l'intégration.

La mission Eurec4A est en cours de préparation pour un déploiement à la Barbade depuis l'Atalante en janvier 2020.



Bilan des activités de déploiement du Parc Gliders de la DT-INSU en 2019

### 9.3 Gestion du parc instrumental

Un premier objectif de l'année 2018 était d'améliorer l'organisation interne du Parc. Trois chantiers ont commencé en parallèle et ont été poursuivis en 2019 :

- Amélioration des méthodes de travail (application systématique et évolution de la procédure de préparation, mise à jour et modification de la base Maintenance, approfondissement des connaissances en pilotage).
- Logistique de transport (amélioration des caisses de transport, suivi des transports avec enregistreurs de chocs, problème de transport des piles lithium).
- Données scientifiques (suivi des capteurs CTD Oxygène Pucks, mise en place de « best practices » pour le stockage, le nettoyage et la préparation des capteurs, prétraitement des données de niveau 1).

Un autre défi était de remettre en état ou de faire réparer un certain nombre de gliders, dans le contexte d'un parc de gliders vieillissant. Il faut noter l'obsolescence des gliders Slocum G1 avec en particulier un problème d'approvisionnement de pièces.

De plus, nous avons noté de nombreuses commandes de pièces neuves ou envoyées pour calibration, livrées défectueuses. Cela a engendré des réparations et des re-préparations qui ont provoqué beaucoup de retard sur notre planning. Cela a également eu un effet de démoralisation sur l'équipe qui a perdu confiance envers les fabricants.

Les réparations des vieux modèles de gliders sont de plus en plus coûteuses et demandent un investissement important en ressources humaines. De plus, les durcissements des réglementations de transport de batteries lithium amène à se poser des questions sur l'avenir des déploiements à l'étranger des Slocum G1.

La jouvence du Parc est un point essentiel pour la poursuite de l'activité Glider. La mise en place d'une centrale d'achat nationale est en cours de réalisation avec la Délégation Régionale 20 du CNRS. Et la région Sud nous a accordé un financement pour l'achat d'un glider, grâce à la collaboration de MOOSE.

## 9.4 Communications

- Reportage au journal télévisé régional et France O, à La Réunion pour Renovrisk par Paul Dasi.



- Article dans Var Matin sur les activités de la DT INSU, pour les 80 ans du CNRS



Article dans Var Matin dans le dossier « 80 ans du CNRS »

- Présentation « Managing failures and issues in the French Glider National Facility » par Jeanne Melkonian 8th EGO Meeting, New Jersey (mai 2019)
- Poster « Parc National Glider : une flotte hétérogène polyvalente » par Jeanne Melkonian AEI, Lille (juillet 2019)
- JNG2019 Journée Nationale des Gliders 9 et 10 septembre 2019 à La Seyne sur Mer: <https://jng2019.sciencesconf.org/program>
- Stand et présentation au public à la Fête de la Science à La Seyne sur Mer (octobre 2019)

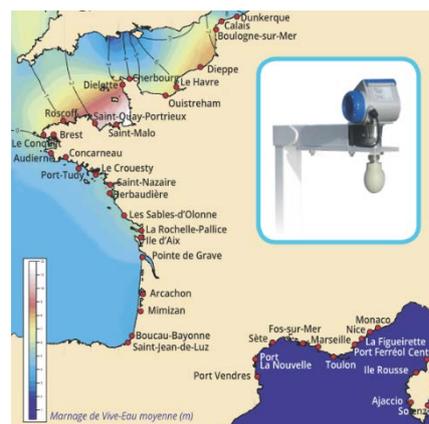


MELKONIAN Jeanne  
 CNRS DT-INSU \*  
 LA SEYNE SUR MER  
[jeanne.melkonian@cnrs.fr](mailto:jeanne.melkonian@cnrs.fr)



## 10. RESEAU MAREGRAPHIQUE RONIM

Redacteur : Vincent Donato/SHOM



### 10.1 Management

Au sein des départements « Instrumentation » et « Marée – Courants », 8 équivalents temps plein (ETP) travaillent à la maintenance du réseau RONIM, à la diffusion des données temps réel et temps différé et à la reconstitution des séries de données anciennes.

### 10.2 Réseau RONIM

L'année 2019 a vu de nombreuses interventions préventives et curatives sur l'ensemble du réseau de marégraphes côtiers numériques (MCN).

Des opérations de maintenances ont pu être menées en métropole entre autres sur les sites de Brest, le Conquet, Roscoff, Boulogne, Dunkerque, Ile d'Aix, Concarneau, Saint-Jean-de-Luz, Audierne, Port-Ferreol, Nice, la Figueirette, Mimizan, Île-Rousse, Solenzara, Centuri, Ajaccio, Saint-Quay-Portrieux, Ouistreham, Dzaoudzi, Monaco, Nouméa et Toamasina. D'ici la fin de l'année 2019, des interventions sont prévues entre autres à Fos-sur-Mer, Port-Bloc et Marseille.

Les interventions techniques en 2019 se répartissent selon les motifs suivants :

- Action corrective : dépannage ou mise à jour.
- Action de contrôle et/ou maintenance préventive.
- Action de reconnaissance.
- Nivellement.
- Rencontre de partenaire local, scientifique, technique ou industriel.

Plus spécifiquement, les actions suivantes sont à souligner :

- Poursuite du remplacement des antennes satellites, à titre curatif ou préventif
- Remplacement des balises satellites OTT par des balises de marque SUTRON afin d'homogénéiser les installations
- Lancement d'une campagne d'observation longue dans le port de Port-de-Bouc en vue du déplacement du marégraphe de Fos-sur-Mer dont l'entretien est rendu trop complexe par les contraintes de sécurité
- Immersion d'un marégraphe temporaire au large de Mimizan afin de définir un zéro hydrographique pour cet observatoire situé dans le lit d'une rivière. Les plongées ont été réalisées en coopération avec une association locale, permettant de minimiser les opérations à la mer pour le Shom et de s'assurer d'un bon relevage des appareils.

### 10.2.1 Développements

Le système de mesure de marée portable EPONIM a été déployé à Abidjan.

Un second a été approvisionné.

Par ailleurs, des radars portables ont été acquis afin de remplacer les sondes lumineuses pour les contrôles des MCN permanents dans les zones de faible marnage. Leur déploiement dans les groupes est envisagé au premier semestre 2020.

### 10.2.2 Nouvelles centrales

Le marché de renouvellement des centrales d'acquisition et de l'outil de supervision du réseau RONIM a été notifié fin 2018 à la société CAMPBELL-COROBOR. Les premières livraisons et installations ont débuté en octobre 2019. Un certain nombre de difficultés techniques et informatiques restent à résoudre avant de commencer la phase de validation. Les premiers déploiements opérationnels sur le réseau RONIM sont attendus au printemps 2020.

### 10.2.3 Base de données

Le SHOM a poursuivi en 2019 la validation et l'intégration des données des sites temporaires installés pour les campagnes hydrographiques et des données du réseau d'observation dans la base de données marégraphique nationale qu'il maintient. Ces données sont notamment mises à disposition des acteurs étatiques pour les études en vue de l'élaboration des Plans de prévention des risques littoraux et permettent par ailleurs d'établir les rapports de catastrophe naturelle à la demande des préfectures.

En 2015, le Shom a signé un accord-cadre avec la société CHERSOFT avec laquelle une collaboration technique s'est mise en place. Cet accord assure la maintenance corrective et évolutive des outils de gestion et de traitement des données d'observation marégraphique.

Les développements réalisés en 2017, notamment la mise en place d'un API sur la base de données, ont permis d'améliorer la diffusion automatique des données marégraphiques validées via REFMAR sur le site [data.shom.fr](http://data.shom.fr).

Une difficulté est néanmoins survenue en 2018, la société CHERSOFT ayant annoncé vouloir abandonner le développement de l'outil de gestion de la base de données marégraphique. Cela n'a pas d'impact à court terme, le Shom disposant d'outils aboutis et fonctionnels pendant plusieurs années. Il convient néanmoins d'envisager une solution de remplacement à plus long terme de l'outil existant.

### 10.2.4 Coordination REFMAR

En 2019, le site REFMAR a été enrichi d'un volet portant sur l'inventaire des documents marégraphiques historiques des archives du Shom (<http://refmar.shom.fr/dataRescue/>) Les évolutions vont se poursuivre avec notamment la refonte du site Internet [refmar.shom.fr](http://refmar.shom.fr)

En 2019, dans le cadre de la fonction REFMAR, le Shom diffuse les données des partenaires suivants (par ordre alphabétique, avec entre parenthèses le nombre de marégraphes et \* pour les nouveaux partenaires) :

- CEA (1)
- CG Martinique (2)
- Collectivité de Saint-Martin (1)
- Communauté de communes de Saint-Gilles Croix de Vie\* (1)

- DéGéOM - Gouvernement de Nouvelle-Calédonie - SHOM (6)
- DM973 (3)
- DREAL Nouvelle-Aquitaine (8)
- DREAL Occitanie (1)
- GPM Bordeaux\* (10)
- GPM Nantes Saint-Nazaire (8)
- GPM Rouen\* (4)
- HTM-NET\* (10)
- IPGP (2)
- LEGOS (4)
- RONIM (41 métropoles + 9 OM)
- SHC-VCA (5)
- SHOM - Secrétariat permanent pour le Pacifique (2)
- UPF - SHOM (6)
- UHSLC (3).

En dehors de celles du réseau RONIM, aucune de ces stations n'enregistre les données à très haute fréquence (1Hz). La liste des marégraphes REFMAR dont l'échantillonnage est inférieur à 2 minutes est présentée en Annexe.

La chaîne de diffusion des données d'observation ([data.shom.fr](http://data.shom.fr)) a été refondue et sa consolidation se poursuit.

### 10.2.5 Reconstruction des séries marégraphiques

Deux thèses sont co-encadrées par le Shom sur le sujet de la reconstruction des séries marégraphiques anciennes. Les soutenances de ces travaux sont prévues en 2020 (Université de Dunkerque) et 2021 (Universités de Douala et de La Rochelle).

Un ingénieur est dédié à cette activité de sauvegarde/valorisation des données marégraphiques historiques depuis juin 2017. Ce dernier assure principalement des missions d'amélioration de la connaissance et de la diffusion des archives conservées au Shom et de suivis de projets liés à cette activité.

L'inventaire des documents marégraphiques historiques conservés dans les archives du Shom est diffusé en ligne depuis mars 2019 (<http://refmar.shom.fr/dataRescue/>). Cet inventaire en ligne sera mis à jour au fur et à mesure de l'avancement de la numérisation et de l'exploitation des archives. Au printemps 2020, une dimension spatiale devrait être ajoutée à cet inventaire afin de permettre une recherche plus pertinente des données historiques et permettre ainsi un meilleur soutien aux politiques publiques de la mer et du littoral.



Extrait de l'inventaire des archives marégraphiques ([refmar.shom.fr/dataRescue/](http://refmar.shom.fr/dataRescue/))

Un accord-cadre comprenant un lot de scannage de documents historiques papier (Archives Shom) ainsi qu'un lot de numérisation des images scannées (extraction des données de hauteur d'eau à proprement parler) a été notifié fin 2019. Les premières commandes/livraisons liées à ce marché devraient intervenir au cours du premier trimestre 2020.

Deux projets de reconstruction marégraphique historiques ont débuté fin 2018, à savoir la reconstruction de la série de Saint-Servan/Saint-Malo (1830 à aujourd'hui) et de la série de Bourcefranc-le-Chapus (estuaire de la Seudre, 1980 à aujourd'hui). Ces études prennent place dans le cadre de PAPI et ont permis le recrutement de deux CDD techniciens de digitalisation des marégrammes (durées respectives de 36 et 18 mois).

Par ailleurs, le Shom conduit également depuis mars 2019 la reconstitution de la série marégraphique de Socoa à Saint-Jean-de-Luz (1875 – aujourd'hui). Ce travail, réalisé dans le cadre du projet FEDER EZPONDA (coordination GIS Littoral Basque), a induit le recrutement par le Shom d'un CDD technicien de digitalisation des marégrammes pour une durée de 18 mois.

L'ingénieur en charge de l'activité de data rescue a eu la charge de former ces CDDs sur ces missions, et assure les travaux d'expertise de la donnée numérisée.

En novembre 2019, le Shom a récupéré l'ensemble des archives marégraphiques du Grand Port Maritime de Marseille (GPM). Les cartons acheminés au Shom portent les étiquettes suivantes (voir carte ci-après) :

- Port-de-Bouc : [1966-1967], [1970-2001] ;
- Port-Abri : [1965-2003]
- Fos-sur-Mer : [1966 - 1971], [1974 - 1975], [1979 - 2000]
- Port Saint-Louis : [1965 - 1999]
- Martigues : [1970 - 2002]
- GNL : [1979 - 1997]
- Rhone II: [1967 - 1980]
- Rhone III: [1967 - 1980]
- Rhone IV: [1979 - 1988]

Les dates mentionnées indiquent le début et la fin de la série et ne garantissent pas une observation continue sur la période. Un inventaire en sera réalisé et rendu disponible prochainement.



Au premier trimestre 2020, le Shom co-organise à Paris, avec l'Université de La Rochelle (LIENSs, SONEL) et l'IOC/UNESCO, un atelier technique portant sur ce travail de valorisation des données marégraphiques historiques. Cet atelier international a pour ambition de réunir l'ensemble des personnes travaillant sur cette thématique afin de permettre une mutualisation des efforts, un partage des méthodologies utilisées (innovation comprise), une réflexion sur le montage de futurs projets de sauvegarde/valorisation des données risquant d'être perdues si rien n'est fait d'ici là.

### 10.3 Journées REFMAR

La troisième édition des journées REFMAR a eu lieu du 27 au 29 mars à l'auditorium du Ministère de l'Ecologie.

Ce colloque francophone, financé en grande partie par le MTES, a réuni plus de 160 participants dont près de 50 étrangers venant de 10 pays différents, autour de trois grands thèmes :

- Niveau marin et trait de côte (pilote par le Cerema)
- Observation du niveau marin au profit de la recherche (pilotes MOI et Univ. Rouen)
- Technologies et réseaux marégraphiques (pilotes Shom et Univ. La Rochelle)

Pour la première fois, des représentants du Maroc, de la Tunisie et de l'Algérie ont pu présenter leur réseau marégraphique et les perspectives en termes de partage de données.

Le Cenalt a fait une présentation remarquable sur l'utilisation des données marégraphiques au profit de la prévention des risques de tsunami.

Une demi-journée a en outre été consacrée à des ateliers thématiques dédiés à l'apport des données historiques, la diffusion et la visualisation des données, les prédictions de marée et l'observation marégraphique.

La conférence a été prolongée la semaine suivante par une session de formation organisée au Shom à Brest, sur les fondamentaux de l'observation du niveau de la mer, la gestion des réseaux marégraphiques et la mise en œuvre des équipements. La formation, dispensée gratuitement, a inclus une journée de travaux terrain pour les 50 participants inscrits.



## 10.4 Communication, formations, coopération internationales

En 2019, le SHOM a participé aux actions suivantes :

Participation (N. Pouvreau, G. André, Y.Ferret) aux réunions trimestrielles du GT TEMPETES HISTORIQUES (Collaboration IRSN, Shom, EDF, BRGM, CEREMA, ARTELIA, Université Populaire du Littoral Charentais 17, LIENSs)

Y. FERRET, N. GILOY, G. ANDRÉ, M. ANDREEVSKY, L. BARDET, T. BULTEAU, C-M. DULUC, R. FRAU, Y. HAMDY, J. LOUISIOR, F. MAZAS, N. POUVREAU, A. ROCHE, J. ROHMER, T. SAUZEAU. Multidisciplinary expertise of historical information for the characterization of water levels during storm and flooding events. IMBeR Future Oceans2, 17-21 June 2019, BREST, FRANCE.

Y.Ferret, N. Pouvreau, V. Donato. Historical sea level data rescue to assess secular sea level evolution. OCEANS 2019, IFHS/IEEE, June 17-20 2019, MARSEILLE, FRANCE.

Y.Ferret, L. Testut, V. Donato, N.Pouvreau. The importance of contextual information in sea-level data rescue exercise. The case of Saint-Nazaire for long-term estimation. 27th IUGG General Assembly, July 8-18 2019, MONTREAL, CANADA

2019 - Pouvreau N. (31 janvier). Le niveau de la mer, indicateur du changement climatique, mesuré depuis 3 siècles à Brest : un travail entre Histoire et Science. Séminaire du Centre François Viète. La diversité des pratiques scientifiques en histoire des sciences et des techniques, humanités numériques et médiation culturelle - UBO, Brest.

2019 - Latapy A., A. Hequette, A. Nicolle, N. Pouvreau, N. Weber, (7-12 April). Long-term Evolution of the Northern France coastal zone and relationship with coastal dynamics. EGU General Assembly, Vienna - Austria.

2019 - Latapy A., A. Hequette, A. Nicolle, N. Pouvreau, N. Weber, J.-B. Robin-Chanteloup (27-29 mars). Long-term Evolution of the Northern France coastal zone and influence on hydrodynamic. Journées REFMAR 2019, MTES - La Défense - Paris.

2018 - Latapy A., A. Hequette, N. Pouvreau, N. Weber (29-31 mai). Coastline and shoreface evolution of the Nord-Pas-de-Calais coastal zone since the 19th century. Colloque des 15ème journées nationales du Génie Côtier - Génie Civil, Thème 2, Dynamique sédimentaire. La Rochelle.

2019 - Ferret Y., S. Lorrette-Riberolles, V. Donato, N. Pouvreau (29-31 mai). Intérêt du "Data-Rescue" en marégraphie : des archives papiers à l'étude de l'évolution du niveau marin. Exemple de la reconstruction de la série marégraphique de Saint-Nazaire depuis le 19ème siècle. Colloque des 15ème journées nationales du Génie Côtier - Génie Civil, Thème 7, Risques côtiers. La Rochelle.

2019 - Donato V., N. Pouvreau, Y. Ferret, S. Enet, L. Testut, P. Techiné, T. Donal, A. Coulomb, G. Wöppelmann, E. Poirier, M. Gravelle, J.P. Barriot. National Report of France to the XVIth GLOSS Group of Experts Meeting. Busan, Republic of Korea, 11-13 April.

Formation des VSC en partenariat avec l'INSu, l'IPEV, l'ULR, l'IGN.

## 10.5 Jalons et prévisions.

Une part importante de l'activité 2020 sera consacrée aux opérations de mise à niveau des outils de collecte, de transmission et de supervision des marégraphes via le marché notifié fin 2018. Après validation du système sur trois sites tests, l'ensemble des marégraphes de métropole seront mis à jour. L'Outre-mer suivra probablement en 2021.

Ce déploiement sera réalisé par le prestataire du marché afin d'assurer un renouvellement de l'ensemble des centrales de métropole sur 6 mois. Les organismes utilisant le réseau RONIM pour des applications opérationnelles (CENALT, Météo-France) seront tenus informés du planning d'installation et pourront éventuellement émettre des réserves ponctuelles. Les coupures de données ne devraient pas excéder 24 heures par marégraphe.

En parallèle, le renouvellement des outils contractuels de conventionnement entre le Shom et la DGPR devra être engagé, la convention en cours arrivant à terme à la fin de l'année 2020.



DONATO Vincent

SHOM  
Chef du département HDC DOPS/HOM/MAC

[vincent.donato@shom.fr](mailto:vincent.donato@shom.fr)



## 11. CORIOLIS VOLET COTIER

*Comité de Pilotage: V. Cariou, G. Charria, L. Cocquempot, G. Emzivat, P. Poli, J. F. Le Roux, T. Carval, A. Bonnat, L. Quemener, P. Raimbault, N. Savoye, C. Quentin, M. Repecaud, I. Pairaud, A. Lefebvre, X. Kergadallan, G. Chapalain.*

### 11.1 Général / Projets

En 2019, le volet côtier de Coriolis a eu une activité dans la continuité avec les années précédentes avec la poursuite du développement de l'Infrastructure de Recherche Littorale et Côtière (ILICO).

Dans les actions en lien avec la structuration nationale de l'observation côtière, on peut noter le renouvellement des labellisations des SNO MOOSE, COAST-HF, PHYTOBS suite à une évaluation favorable de la CSOA (Commission Spécialisée « Océan-Atmosphère »).

Dans les actions en lien avec la structuration européenne de l'observation côtière :

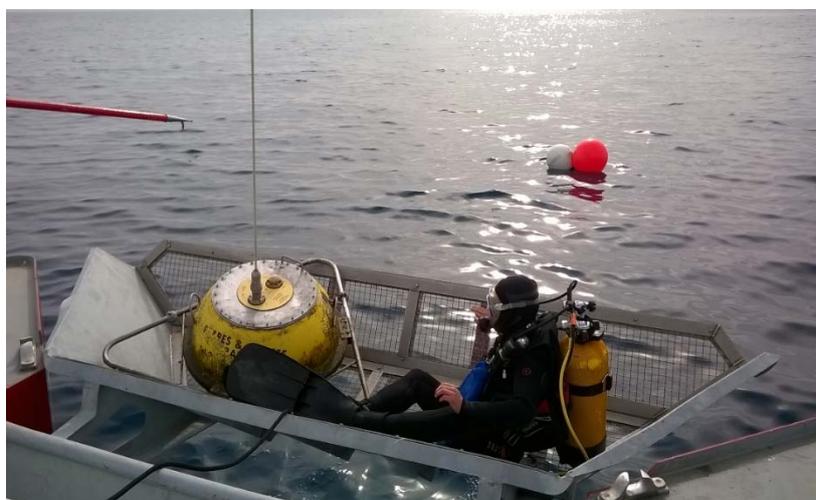
Le projet H2020 Infra-IA Infra-IA : JERICO-S3 déposé en mars 2019 a été retenu (début février 2020)

Le projet H2020 Design-Study : JERICO-DS a été déposé novembre 2019 en vue d'une préparation de la candidature JERICO-RI à la feuille de route ESFRI (mai 2020)

Par ailleurs, les projets en liens avec Coriolis se sont poursuivis en 2019 (e.g. H2020 JERICO-NEXT, H2020 AtlantOS, Interreg MyCOAST, CPERs ROEC et MARCO).

### 11.2 Systèmes d'observation

#### 11.2.1 Réseau de mesure des états de mer CANDHIS



Maintenance du houlographe de Monaco / Ronan Sanquer (Cerema)

#### **Faits marquants :**

- Une nouvelle station de mesure mise en place par le Cerema au niveau de l'île de Batz (Finistère nord) ;
- Grosses difficultés en Guyane pour maintenir un houlographe en place (2 essais sur Cayenne soldés par deux déradages respectivement au bout de 5 et 29 jours) ;
- Interruptions longues des mesures (plusieurs mois) sur Flamanville, Bréhat, Anglet, Porquerolles, Saint-Pierre-et-Miquelon et Guadeloupe (Côte Caraïbes) ;
- Contractualisation de partenariats avec EDF, la DIRM SA, l'université de Pau et des pays de l'Adour, la région Nouvelle-Aquitaine, la communauté d'agglomération Pays Basque et la CCI de Bayonne Pays Basque ;

- parution de la mise à jour du catalogue des fiches synthétiques de mesure des états de mer du réseau CANDHIS (<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/fiches-synthetiques-mesure-etats-mer-du-reseau-candhis-maj>) ;
- Développement du nouveau site Internet, mise en ligne prévue 1er semestre 2020.

### **2019 en chiffres**

- 33 : nombre de stations de mesure (28 sur 32 opérationnelles au 31 décembre 2018 ; 30 sur 33 opérationnelles au 31 décembre 2019) ;
- 86% : taux moyen de disponibilité des stations de mesure ;
- 24 : houlographes pour lesquels le Cerema effectue la maintenance en direct ;
- 5 : houlographes à la dérive (tous récupérés) ;
- 11 : stations de mesure touchées par des problèmes techniques :
  - 5 suite à de problèmes au niveau de la station de réception
  - 6 suite à des problèmes au niveau de la bouée de mesure  
- dont une coulée sous le poids du biofooling
- 2 : nombre moyen d'interventions en mer par station de mesure (Phares et Balises, SNSM, collectivités territoriales...) : 1 à 4 sorties / an selon les sites ;
- 574 302 : visites du site Internet CANDHIS (201 699 visiteurs différents (+14 % par rapport à 2018) ) ;
- 127 : demandes de données « temps différé » ;
- 4 : projets d'installation de nouvelles stations de mesure - Gravelines (EDF) baie de Seine, Fréjus, Corse sud-ouest (Cerema).

### **Partenaires**

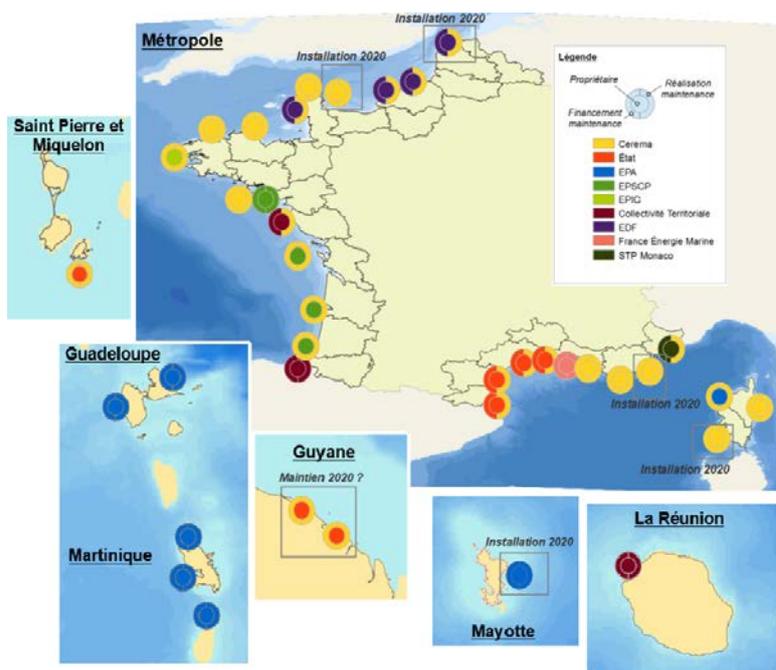
Les DIRM MEMN, NAMO, SA et Med, l'École Centrale de Nantes, la communauté d'agglomération Pays Basque, la CCI de Bayonne Pays Basque, les départements de Vendée et des Pyrénées Atlantiques, la région Nouvelle-Aquitaine, les universités de La Rochelle, de Bordeaux, de Pau et des Pays de l'Adour, la DREAL Occitanie, la DEAL de Guyane, la DTAM de Saint-Pierre et Miquelon, le SHOM, Météo-France, EDF, la Principauté de Monaco.

### **Gestion des stations de mesures**

Le Cerema assure le financement de 16 stations de mesure, en fonds propres et via les dotations des administrations centrales (DGPR, DGITM, DGALN).

Pour ces stations, les moyens nautiques nécessaires aux opérations de maintenance et hors sorties exceptionnelles, sont mis à disposition à titre gracieux :

- En métropole par les DIRM MEMN, NAMO, SA et MED ;
- En outre-mer par la DTAM 975 et la DEAL 972.



Gestion des stations de mesures (Cerema)

### 11.2.2 Bouées multi-instrumentées Météo-France

Météo-France maintient :

- En propre : 2 bouées ancrées multi-instrumentées en Méditerranée (LION, COTE D'AZUR), 1 bouée ancrée multi-instrumentée aux Antilles (ANTILLES).
- En coopération avec le UK MetOffice : 2 bouées ancrées multi-instrumentées dans le Golfe de Gascogne (BRITTANY, GASCOGNE).



Position des bouées ancrées

La bouée ANTILLES a été remplacée en Novembre 2019. La bouée LION a été remplacée en Février puis Octobre 2019.

Les capteurs de recherche (sondes de température SP2T et thermosalinographes SBE37) présents sur les lignes de mouillage des deux bouées ancrées méditerranéennes ont été relevés et remplacés en juin 2019 pour la bouée COTE D'AZUR et lors de chaque remplacement pour la bouée LION.

### 11.2.3 Radars HF

Le déploiement d'une antenne Radar HF sur la côte des Landes a été initié (projet Interreg MyCOAST). Un site a été identifié sur la commune de Mimizan, la convention d'occupation du site a été établie avec l'Office National des Forêts, l'ensemble des autorisations a été obtenu. Le radar HF sera déployé en 2020.



Schéma d'implantation du futur radar sur la côte des Landes.

### 11.2.3 Réseau SNO COAST-HF (INSU/Universités/Ifremer) et bouées BOOTS (Shom)

L'activité 2019 du réseau COAST-HF s'est articulée autour du maintien des systèmes existants, incluant le carénage de certaines bouées (bouée SOLEMIO – Marseille, bouée MOLIT - Baie de Vilaine, Figure 4 et SMILE - Baie de Seine). Le nouvel automate COSTOFV2 a été déployé en test sur la bouée Marel Iroise avant un déploiement plus large sur 4 autres bouées sur réseau prévu en 2020-2021. Cet automate apportera une plus grande flexibilité dans le nombre et le types de capteurs qui pourront être déployés sur les stations.

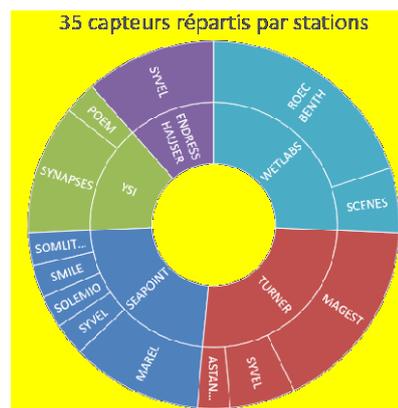
Dans le golfe du Lion, une nouvelle bouée identique à celle de Banyuls (SOLA) a été déployée au point POEM (Perpignan) afin de remplacer le système endommagé suite à une avarie sur l'ancrage.



Bouée MOLIT après son carénage décennal.

L'ensemble du réseau COAST-HF a bénéficié en 2019 d'un nouveau site web : [www.coast-hf.fr](http://www.coast-hf.fr).

L'animation du réseau, au-delà des rendez-vous annuels récurrents (e.g. Assemblée Générale), a été centrée sur la problématique de la mesure de la turbidité. Un atelier dédié a été organisé (avec le soutien de l'IR ILICO) sur 2 jours en novembre 2019. 25 participants (Figure ci contre) ont ainsi pu échanger sur les problématiques liées à la mesure de la turbidité avec pour objectif de partager, au sein de la communauté COAST-HF et la communauté nationale, les outils et protocoles mis en œuvre afin de mesurer à haute fréquence et sur le long terme la turbidité optique et la concentration en MES en zone côtière.



Bilan des capteurs de turbidité utilisés sur les stations des réseaux COAST-HF, Estuaire et mer côtière (ROEC-Shom)

Le Shom a développé une bouée de mesure en temps réel de données océanographiques (BOOTS : bouée d'Observation Océanographique Temps réel du Shom). Ces bouées BOOTS sont des bouées océanographiques ancrées avec transmission, en temps réel, de données CTD (Conductivity, Temperature, Depth) sur une partie de la colonne d'eau. De plus, la bouée est équipée d'un capteur météorologique.

Elle est autonome en énergie grâce à ses panneaux solaires.

L'objectif des bouées BOOTS est de fournir en temps réel des données intéressant le Shom et des organismes partenaires sur un point d'intérêt commun, notamment :

- Un suivi temporel continu de la dynamique de la couche de mélange,
- L'étude de la marée interne car les points de mouillage sont sélectionnés dans une zone où ce processus est particulièrement important,
- Une validation temps réel, sur la colonne d'eau, du modèle de prévision océanique Manche/Gascogne.

Une première BOOTS a été déployée en mer d'Iroise en 2018 mais a été percutée par un navire. Suite à cet incident, la bouée a pu être récupérée à la dérive mais en ayant subi d'importants dégâts. L'année 2019 a été consacrée à sa remise en état et à la conception d'une deuxième BOOTS. Ces deux bouées sont prévues d'être mouillées en mer d'Iroise pendant 6 mois en 2020.

#### 11.2.4 Profils en milieu côtier : RECOPECA et Profileurs côtiers

L'acquisition de profils verticaux sur le plateau continental via les navires de pêche équipés (programme RECOPECA) et par le déploiement de 2 profileurs côtiers (Arvor-C/Cm) s'est poursuivi en 2019. Des réflexions ont été engagées en 2019 sur la mise à jour des systèmes de mesures déployés dans le cadre du programme RECOPECA. Les systèmes de la marque NKE ne sont plus commercialisés et ne permettent donc plus la jouvence des systèmes. Des échanges avec NKE ont été engagés afin de voir comment les nouveaux capteurs pourront être adaptés pour le nouveau programme.

L'ensemble des profils collectés sont visualisables sur <http://www.coriolis-cotier.org>.

## 11.3 Centre de données

Les développements sur le site Coriolis côtier (<http://www.coriolis-cotier.org>) se sont poursuivis avec la mise en place de bases de données performantes pour améliorer la réactivité et les fonctionnalités (e.g. visualisation de plusieurs séries temporelles simultanées) du site d'accès aux données. L'intégration de l'ensemble des systèmes du volet de Coriolis côtier s'est poursuivie en 2019. Le site reste cependant en cours d'amélioration pour atteindre une meilleure fiabilité dans la visualisation des mesures acquises.

### 11.3.1 Réseau de mesure des états de mer CANDHIS

Taux de disponibilité 2019 par station de mesure :



Taux de disponibilités des stations de mesures CEREMA établis sur les 12 derniers mois des données archivées « temps différé » à fév. 2020 (Cerema)

### Utilisation des données :

**TEMPS RÉEL :** alimentation des modèles de prévisions du Shom et Météo-France (alertes VVS) ; diffusion auprès des navigants et autres usagers via le site Internet CANDHIS.

**TEMPS DIFFÉRÉ :** instruction de 34 dossiers de demande de reconnaissance CATNAT par le Cerema (75 communes concernées) ; traitement de 139 demandes de données « temps différé ».

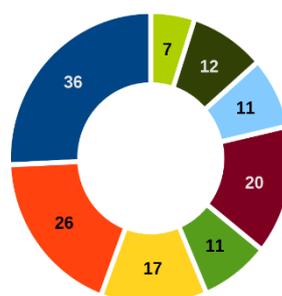


Illustration : répartition du nombre de demandes « temps différé » par domaines d'utilisation.

## 11.4 Publications associées au volet côtier de Coriolis en 2019

- Aardema H. M., Rijkeboer M., Lefebvre A., Veen A., and Kromkamp J.C, 2019. High-resolution underway measurements of phytoplankton photosynthesis and abundance as an innovative addition to water quality monitoring programs. *Ocean Sci.*, 15, 1267–1285, 2019. <https://doi.org/10.5194/os-15-1267-2019>
- Cocquempot L, Delacourt C, Paillet J, Riou P, Aucan J, Castelle B, Charria G, Claudet J, Conan P, Coppola L, Hocdé R, Planes S, Raimbault P, Savoye N, Testut L and Vuillemin R (2019) Coastal Ocean and Nearshore Observation: A French Case Study. *Front. Mar. Sci.* 6:324. doi: 10.3389/fmars.2019.00324
- De Mey-Frémaux, Pierre & Ayoub, N. & Barth, Alexander & Brewin, Bob & Charria, Guillaume & Campuzano, Francisco & Ciavatta, Stefano & Cirano, Mauro & Edwards, Chris & Federico, Ivan & Gao, Shan & García-Hermosa, Isabel & Sotillo, Marcos & Hewitt, Helene & Hole, Lars & Holt, Jason & King, Robert & Kourafalou, Villy & Lu, Youyu & Zhu, Xueming. (2019). Model-Observations Synergy in the Coastal Ocean. *Frontiers in Marine Science*. 6. 10.3389/fmars.2019.00436.
- Farcy Patrick, Durand Dominique, Charria Guillaume, Painting Suzanne J., Tamminem Timo, Collingridge Kate, Grémare Antoine J., Delauney Laurent, Puillat Ingrid (2019). Toward a European Coastal Observing Network to Provide Better Answers to Science and to Societal Challenges; The JERICO Research Infrastructure. *Frontiers In Marine Science*, 6(529), 13p. doi :10.3389/fmars.2019.00529
- Lefebvre A., Caillault-Poisson E., 2018. High resolution overview of phytoplankton spectral groups and hydrological conditions in the eastern English Channel using unsupervised clustering. *Marine Ecology Progress Series*. Volume 608, page 73-92, <https://doi.org/10.3354/meps12781>
- Ménesguen, A., M. Dussauze, F. Dumas, B. Thouvenin, V. Garnier, F. Lecornu, M. Répécaud, Ecological model of the Bay of Biscay and English Channel shelf for environmental status assessment part 1: Nutrients, phytoplankton and oxygen, *Ocean Modelling*, 133, 56-78, doi: 10.1016/j.ocemod.2018.11.002, 2019.
- Pearlman J, Bushnell M, Coppola L, Karstensen J, Buttigieg PL, Pearlman F, Simpson P, Barbier M, Muller-Karger FE, Munoz-Mas C, Pissierssens P, Chandler C, Hermes J, Heslop E, Jenkyns R, Achterberg EP, Bensi M, Bittig HC, Blandin J, Bosch J, Bourles B, Bozzano R, Buck JJH, Burger EF, Cano D, Cardin V, Llorens MC, Cianca A, Chen H, Cusack C, Delory E, Garelló R, Giovanetti G, Harscoat V, Hartman S, Heitsenrether R, Jirka S, Lara-Lopez A, Lantéri N, Leadbetter A, Manzella G, Maso J, McCurdy A, Moussat E, Ntoumas M, Pensieri S, Petihakis G, Pinardi N, Pouliquen S, Przeslawski R, Roden NP, Silke J, Tamburri MN, Tang H, Tanhua T, Telszewski M, Testor P, Thomas J, Waldmann C and Whoriskey F (2019) Evolving and Sustaining Ocean Best Practices and Standards for the Next Decade. *Front. Mar. Sci.* 6 : 277. doi : 10.3389/fmars.2019.00277

### Proceedings :

- Grassi K., Poisson-Caillault E., Lefebvre A., 2019. Multi-level spectral clustering for extreme event characterization. *MTS/IEEE OCEANS '19, Proceedings of Oceans 2019, IEEE*. 6p, 17-20 juin, Marseille, France.
- Repecaud M., Quemener L., Charria G., Pairaud I., Rimmelín P., Claquin P., Jacqueline F., Lefebvre A., Facq J.V., Retho M., Verney R., 2019. National observation infrastructure: an example of a fixed-platforms network along the French coast: COAST HF. *MTS/IEEE OCEANS '19, Proceedings of Oceans 2019, IEEE*. 6p, 17-20 juin, Marseille, France.

Rérolle, V., Angelescu, D., Hausot, A., Ea, P., Lefèvre, N., Provost, C., & Labaste, M. (2019, June). Development of a novel hybrid pH sensor for deployment on autonomous profiling platforms. In OCEANS 2019-Marseille (pp. 1-8). IEEE.

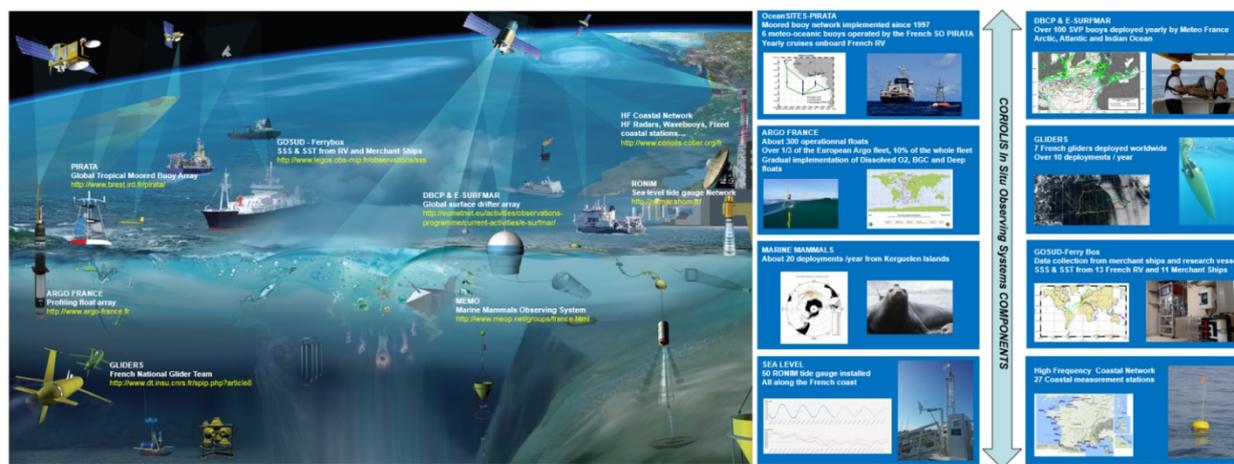


CHARRIA Guillaume  
IFREMER Centre Bretagne  
[guillaume.charria@ifremer.fr](mailto:guillaume.charria@ifremer.fr)



COCQUEMPOT Lucie  
IFREMER Centre Bretagne  
[Lucie.Cocquempot@ifremer.fr](mailto:Lucie.Cocquempot@ifremer.fr)

## 12. CORIOLIS - MOYENS A LA MER



Les missions de cette composante sont :

- De faire collaborer et interagir les organismes,
- De donner aux réseaux les moyens de maintenir leur implémentation et leurs acquisitions (labellisation nationale, veiller aux moyens humains et financiers à maintenir).

Il s'agit également de trouver des moyens de mutualiser certaines activités/moyens inhérents à chaque réseau (logistique, instruments, expédition, étalonnages, recherche de support de déploiement, élaboration de plan de déploiement, co-activités dans de mêmes zones).

L'ouverture également sur les projets européens auxquels certains réseaux sont rattachés (Atlantos, Euro-Argo...) ouvrent de nouvelles possibilités (supports).

Les échanges inter-organismes mis en place depuis quelques années donnent l'occasion à la composante Moyens à la Mer de proposer des supports de déploiement aux autres réseaux (ou autres instituts) : du transversal instrumental.

### 12.1 Les points forts de 2019

#### 12.1.1 Les réalisations

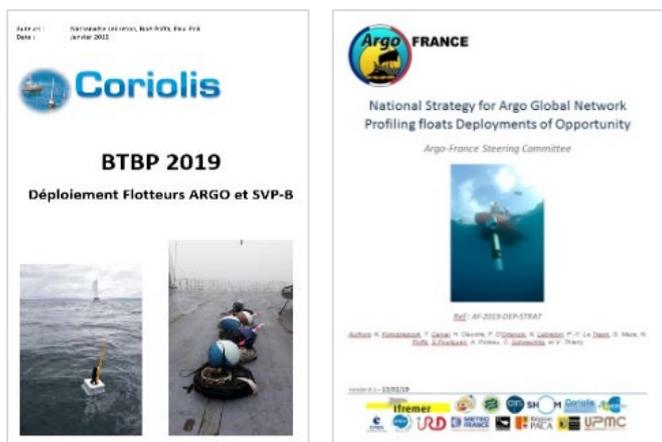
[codep@ifremer.fr](mailto:codep@ifremer.fr) : [nathanaele.lebreton@shom.fr](mailto:nathanaele.lebreton@shom.fr) et [noe.poffa@ifremer.fr](mailto:noe.poffa@ifremer.fr)

- Recensement des besoins en termes d'implémentation (zone, saison) et circulation des informations sur le planning de campagnes nationales (Genavir, Shom, Marine Nationale) et flotte européenne ou internationale
- CODEP : Point de contact unique et Rôle d'interface avec les armateurs (SHOM, Genavir, Marine Nationale, Jcommops, Voiliers...) et les instituts européens (OGS Italie et BSH Allemagne). Partage des supports de déploiement, des opportunités de logistique, mutualisation des expéditions et des opérations de formation.
- Mutualisation avec des campagnes d'autres laboratoires hors périmètre Coriolis (mise en place d'opportunités, notamment les transits utilisés par l'IRD pour le réseau SSS).

- Les campagnes SHOM (sur le PP, l'Atalante, le BTBP) en 2019 ont été l'occasion de déploiements dans des zones intéressantes et présentant des trous de données (Océan Indien Ouest, golfe arabo persique, zone Svalbard/Grand Nord et chantier méditerranée). Des déploiements groupés ont été soutenus => Déploiements de flotteurs : ARGO, BGC, DO, ICE, DEEP, de bouées SVPB, et bouées dérivantes de surface SHOM.
- Une interaction quasi hebdomadaire avec les opérateurs Météo-France Marine et IRD IMAGO PIRATA. Les plans de déploiement s'envisagent dans leur ensemble avec de la co-activité (comme le montre la photo ci-contre avec les 3 types d'instruments). 60 SVP-B, et 10 prototypes bouées dérivantes HD TRUSTED, et ont pu être déployés grâce à l'entremise de Moyens à la Mer.



- Des documents communs (CODEP, Météo-France Marine ([paul.poli@shom.fr](mailto:paul.poli@shom.fr))) ont été réalisés à destination des navires et des électroniciens (SHOM et GENAVIR) (Description de l'intérêt des réseaux ARGO et DBCP, protocole de mise en œuvre des instruments, position de déploiement, fichiers métadonnées à remplir). Retour très positifs et encourageants.
- Rédaction d'un document de stratégie pour les déploiements d'opportunité en interaction avec la composante R&D de Coriolis et le comité de pilotage ARGO-France. (Aide à la recherche d'opportunités en fonction des besoins géographiques, et normalisation des paramétrages, bonnes pratiques pour la programmation des instruments).



- Recensement et étude des possibilités de réductions de coûts de transmission de la donnée, et de mise en place (ou adhésion à) de contrats communs (sous forme d'un groupement d'achat à monter). Le basculement de la transmission Argos vers Iridium des instruments est clairement acté. Flotteur ARGO (fournisseur EADS ou CLS (Euro-Argo), SHOM (bouées de houle, drifter de surface : contrat Ministère des armées armée DIRISI), bouées météo France (ASTEL S4, contrat d'état). Action en cours en 2020.
- Recensement des besoins en étalonnages instrumental (type, quantité, planning), afin d'aider la planification du centre d'étalonnage du SHOM et rechercher au besoin d'autres supports laboratoires (laboratoire Chimie IRD, LOPS). Mise en relation des interlocuteurs dans le cadre d'échange de pièces détachées, ou ne se faisant plus (analyseurs, de salinité).
- Plan de déploiement XBT (15 caisses pour 2019 : campagne PIRATA, campagne EURECA-4A, IRD NOUMEA).

- Remontée d'informations lorsque le Traitement en temps Différé présente des lacunes. Relai des remontées de besoins en personnels/et ou moyens (essais bassins, campagnes FOF propres aux réseaux Coriolis).
- SSS : Continuation de la collaboration avec le LOPS au « mini-projet » TSG SBE-45 sur le Rara Avis pour une 6<sup>e</sup> année de campagne de mesures.



### 12.1.2 Réalisations chiffrées 2019

PIRATA	Opérations transversales en instrumentation (6 ARGO, 21 Bouées SVP-B, 5 cartons XBT) pour la campagne FR289 en mars 2019. Des moyens humains sont nécessaires à cette campagne pour assurer les taches.
XBT	17 caisses (fourniture SHOM) pour 2019 Campagnes : 5 PIRATA, 7 EURECA-4A, 5 IRD NOUMEA
BOUEES DERIVANTES DBCP	Opérations transversales de déploiement d'instruments, sur des campagnes d'autres réseaux (PIRATA, ensemble des campagnes SHOM) ou des transits valorisés : 60 Bouées SVP-B, TRUSTED  Partage des plans de déploiement, rédaction de documentations communes mise à disposition de supports.  <u>Recherche</u> par la composante de supports de déploiement dans des zones déterminées pour répondre aux besoins des autres réseaux (mer d'Arabie, Indien, Arctique, Atlantique Sud, TPOS, Pacifique ouest).
ARGO	Achats et implémentation de 71 flotteurs en 2019 (T/S, BGC, O <sup>2</sup> , Deep)  Développement de nouveaux types d'instruments et de fonctionnalité (ICE), avec les premiers retours à la mer avec comportements d'évolution sous la glace.  Interaction avec la composante européenne (Euro-Argo)  Nouvelles procédures d'achats effectives depuis début 2017 avec des financements annexes CPER.  Nouveau site web de fleet monitoring de la flotte  Ces taches sont détaillées dans le RA 2019 du réseau ARGO.

### 12.1.3 Synthèse des relations entre les différentes tâches et les réseaux concernés par ces tâches.

Services transversaux	Mise en œuvre d'une campagne	Analyses d'échantillons	Formation	Déploiement	Moyens Humains	Moyens logistiques	Étalonnage
ARGO	√		√	√	√	√	√
Pirata	√				√	√	
SSS		√			√	√	√
R/V		√	√	√	√	√	√
Sea mammal							√
Drifters				√	√	√	
Glider					√		?
Côtier	√		√	√	√	√	
Marégraphe							



LEBRETON Nathanaële  
 SHOM  
 Coordination opérationnelle  
 ARGO (DMGS/IES)  
[lebreton@shom.fr](mailto:lebreton@shom.fr)



POFFA Noé  
 Ifremer Centre Bretagne  
 Moyens à la Mer Coriolis  
 Coordination opérationnelle ARGO  
[Noe.poffa@ifremer.fr](mailto:Noe.poffa@ifremer.fr)

## 13. CORIOLIS CENTRE DE DONNEES

### 13.1 Indicateurs

Ces deux indicateurs sont suivis au niveau de la direction Ifremer IRSI.

Profils verticaux température, salinité, oxygène,...	nb. profils 2019	nb. profils 2018	évolution 2018-2019
Flotteurs profilants Argo	3 016 812	2 734 349	10%
Bouées, mouillages	20 032 877	18 595 200	8%
Navires (XBT, CTD)	9 567 674	7 534 385	27%
<b>Total</b>	<b>32 617 363</b>	<b>28 863 934</b>	<b>13%</b>

Mesures le long de la route températures, salinité, courants	nb. mesures 2019	nb. mesures 2018	évolution 2018-2019
Flotteurs Argo	21 413 284	21 434 370	0%
Bouées dérivantes	1 220 555 087	1 048 555 324	16%
Navires (TSG, ferrybox)	97 379 000	89 322 706	9%
<b>Total</b>	<b>1 339 347 371</b>	<b>1 159 312 400</b>	<b>16%</b>

### 13.2 Coriolis gestion de données

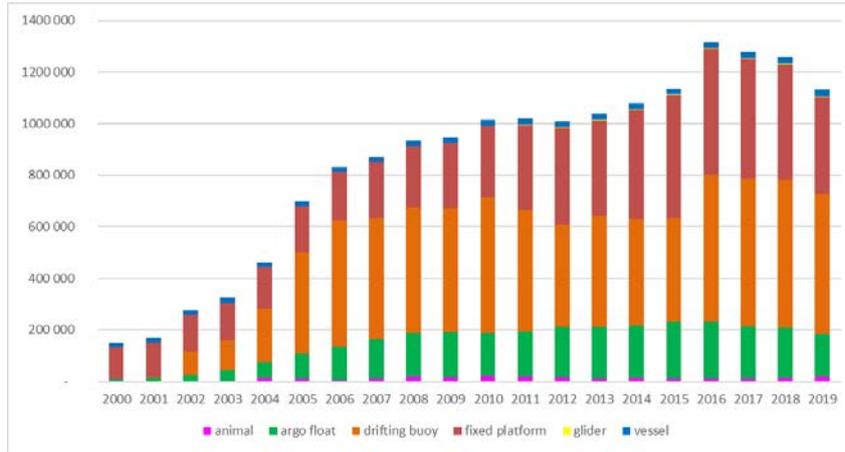
#### 13.2.1 Principales sources de données

- Contribution et collecte de données internationales
  - Réseaux : Argo, BGC-Argo, GTSP, Gosud, OceanSITES, MEOP, EGO
  - Centres de données : US-NODC, CCHDO, SeaDataNet
- Contribution et collecte de données du service européen Copernicus Marine in situ
  - Coordination entre 7 Production Units, temps réel et temps différé
- Temps réel : données observées durant l'année 2019
  - 2,7 millions de profils verticaux collectés et distribués, +12% par rapport à 2018
  - 150 millions de points de mesures collectés et distribués (TSG, bouées, mouillages, flotteurs), en hausse de 14% par rapport à 2018
  - Pas de nouvelle source de données temps réel exceptionnelle.
- Temps différé, données historiques, état fin 2019
  - 12,5 millions de profils verticaux, 119 millions de points de trajectoires, 1,3 milliard de points série temporelle
  - 15 milliards d'observations de 80 paramètres différents (température, salinité, courant, oxygène, chlorophylle, nitrates, turbidité, etc...)
  - 48 000 plateformes d'observation

#### 13.2.2 Histogramme des données

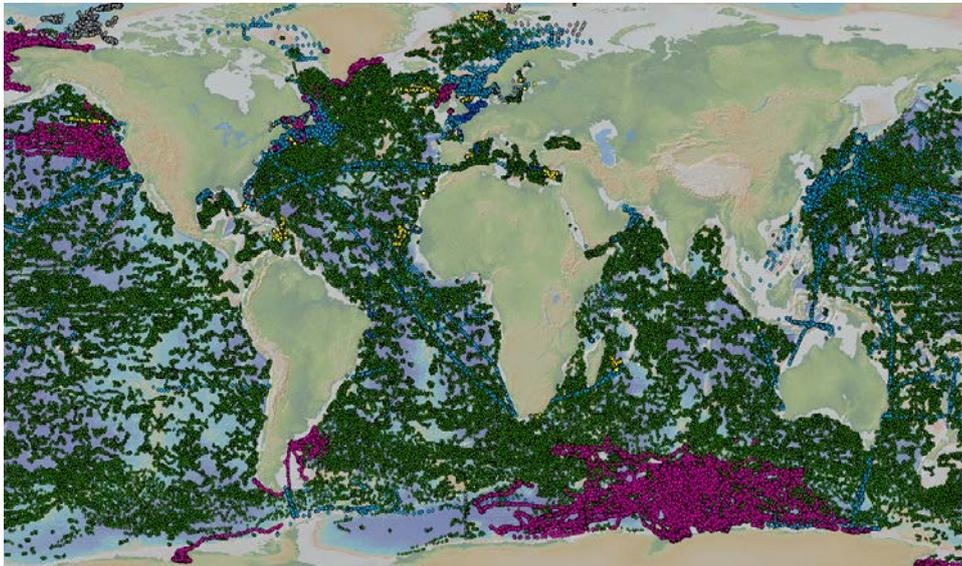
L'histogramme des observations par plateforme-jour illustre la contribution majeure pour l'océanographie opérationnelle des réseaux d'observation bouées dérivante, mouillages et Argo.

Les observations en provenance de navires (CTD, TSG, ferrybox), gliders et mammifères marins sont précieuses, mais beaucoup plus rares temporellement et spatialement.

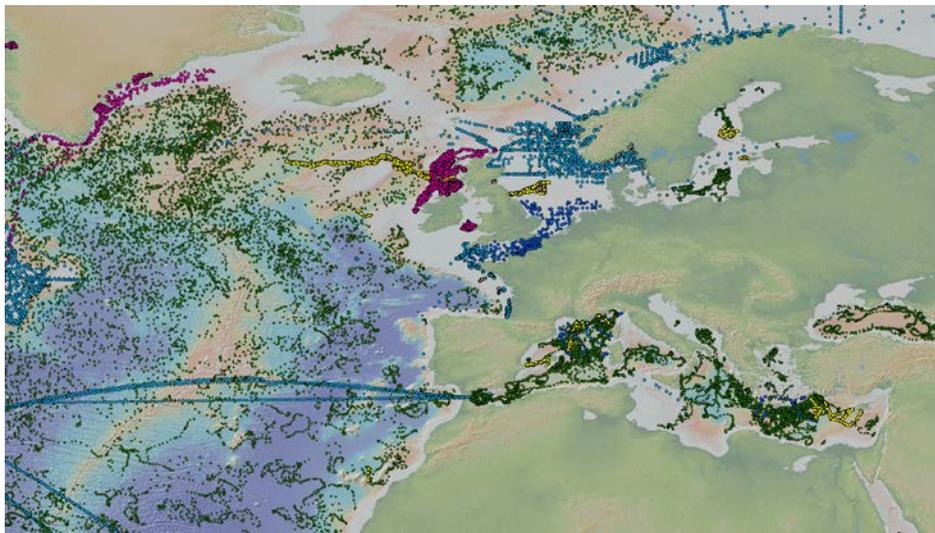


Observations par plateforme-jour : une plateforme – un jour – des observations = +1

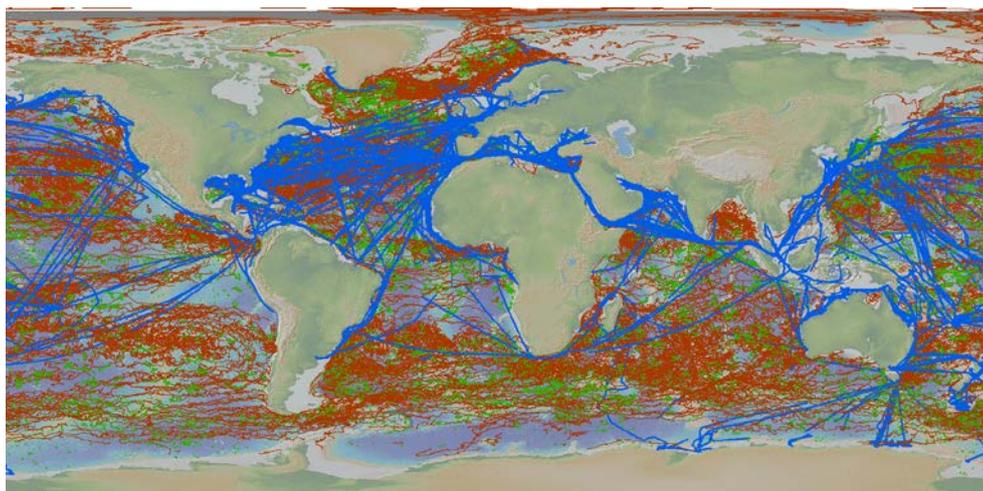
### 13.2.3 Cartes des données



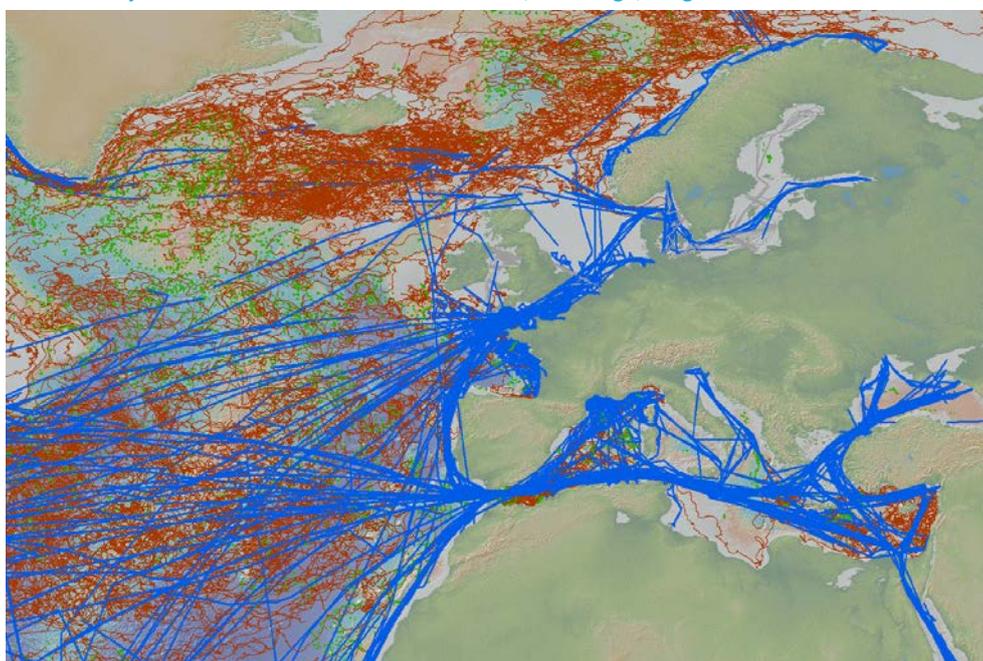
Profils verticaux de l'année 2019 (2,7 million) Vert : Argo, bleu : navires, jaune : gliders, rose : mammifères



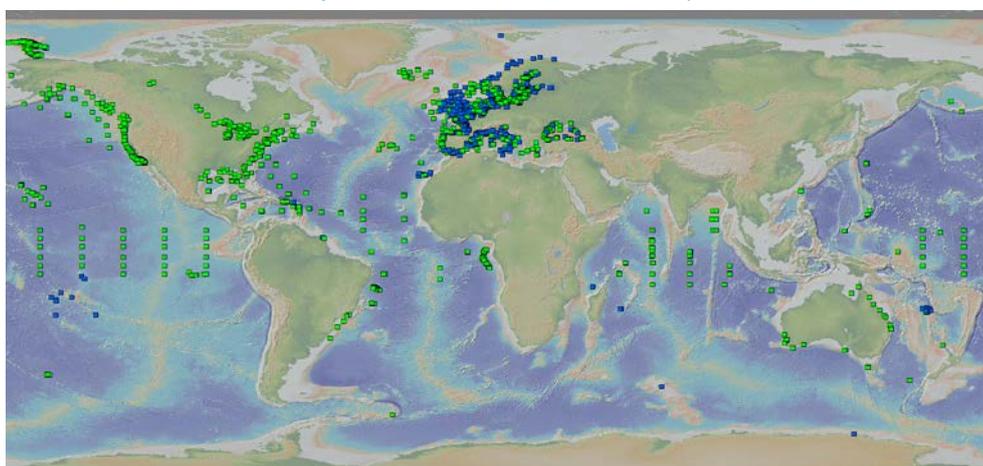
Profils verticaux de l'année 2019, zone Europe



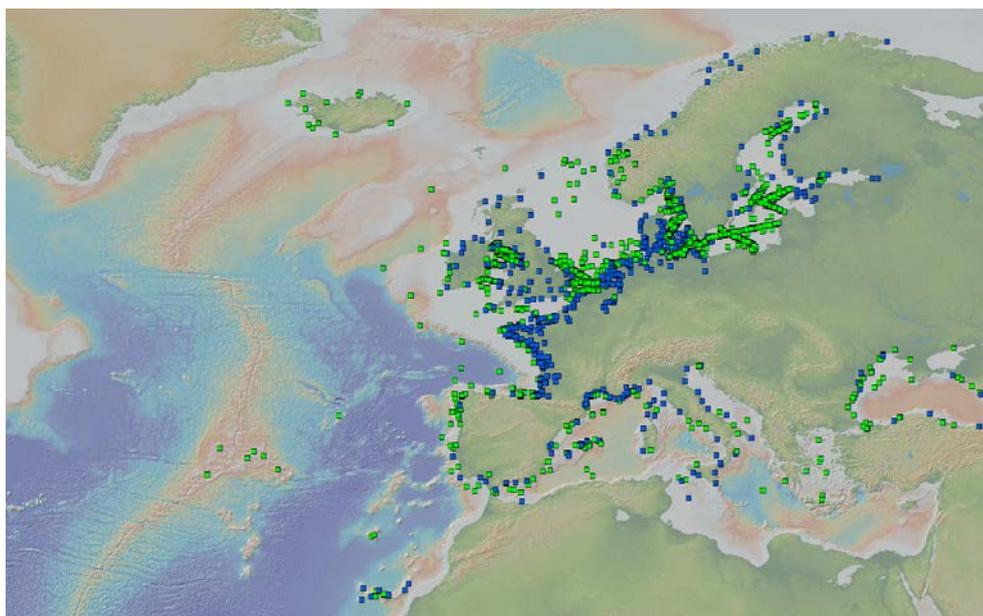
Trajectoires de l'année 2019 : bleu : navires, vert : argo, rouge : bouées dérivantes



Trajectoires de l'année 2019, zoom Europe



Mouillages et bouées ancrées, année 2019

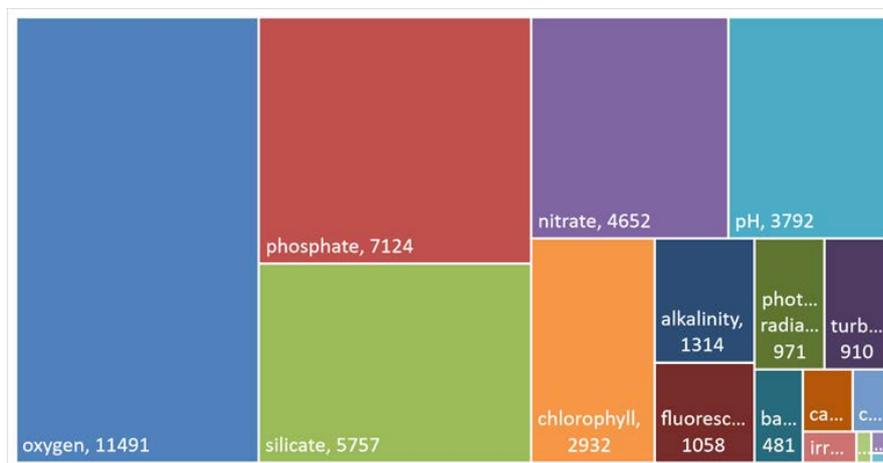


Mouillages et bouées ancrées, zoom Europe

### 13.2.4 Données BGC bio-geo-chimiques

Fortement demandées par le service marin Copernicus Marine et renforcé par le programme BGC-Argo, la base Coriolis gère un nombre croissant d'observation bio-geo-chimiques.

Les principaux paramètres sont : oxygène, phosphate, silicate, nitrate, pH, chlorophylle, fluorescence, alcalinité, carbone.



Number of "history" files containing BGC parameters on Copernicus in situ  
 "History" file : one file containing all the observations from platform

### 13.2.5 Maintien en Conditions Opérationnelles du système, activité pilotée dans le processus Ifremer ISO9001 – P14

En 2019, le MCO Coriolis (Maintien en Conditions Opérationnelles) a géré auprès de 3 sociétés de service (Capgemini, Altran, ASI) un total de :

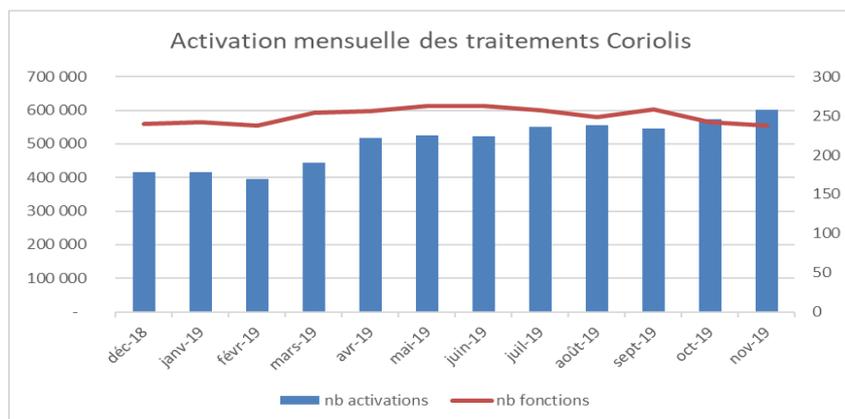
- 644 fiches d'évolutions
- 297 fiches d'anomalies
- 154 actions ouvertes à ce jour

### 13.2.6 Administration, service desk, activité pilotée dans le processus ISO9001 – P8

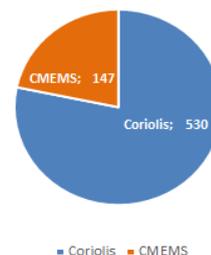
En moyenne quotidienne, 15 000 activations de traitement sont effectuées pour collecter, contrôler et diffuser les données du centre Coriolis.

Sur un mois, 250 fonctions distinctes sont activées (en moyenne 500 000 activations par mois).

En 2019, le service desk a géré 530 tickets Coriolis (448 en 2018) et 147 tickets Copernicus (188 en 2018).



Tickets traités au service desk en 2019



### 13.2.7 Activité projets européens

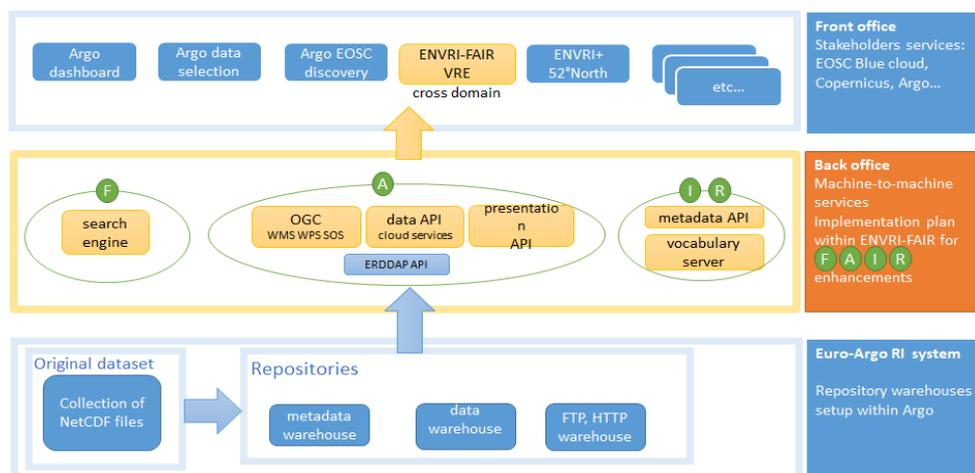
Ce chapitre concerne les principaux projets européens.

#### **ENVRI-FAIR : connecter les ERICs à l'EOSC Blue Cloud**

L'Europe soutient significativement la "Fairtitude" des infrastructures données de recherches (ERIC). L'objectif est de contribuer à l'EOSC Blue Cloud (European Open Science Cloud). Le centre de données Coriolis coordonne le domaine marin : Euro-Argo, EMSO, ICOS-Marine, SeaDataNet. ENVRI-FAIR goal is to implement the FAIR principles in ENVRI cluster (EU Research Infrastructures for Environment) and connect it to European Open Science Cloud (EOSC).



Le consortium ENVRI-FAIR place les ERICs "environnement" sur l'EOSC (European Science Cloud)



ENVRI-FAIR contribue au développement des application Machine to Machine sur le cloud européen

**EOSC-hub: construire le Blue Cloud**

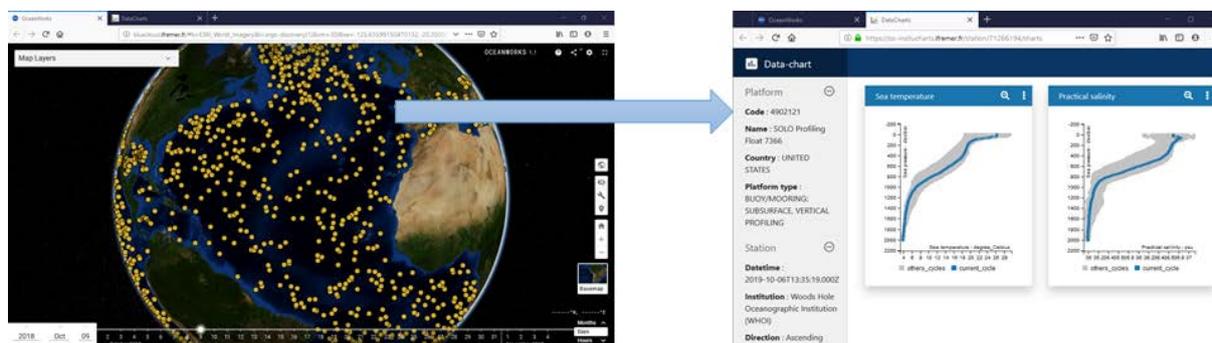
EOSC-Hub est un projet destiné à la mise en place de l’infrastructure technique du cloud pour la science européenne. Le centre de données Coriolis est impliqué via Argo dans le WP8.3 “Marine competence centre” dont les deux tâches principales sont:

- Accès aux données Argo dans un contexte organisationnel et technique Cloud européen
- Analyses objectives d’oxygène des données Copernicus avec DIVA

Le jeu de données Argo est publié vers l’infrastructure Cloud EOSC cloud infrastructure (une architecture Openstack, Docker, Cassandra, Elasticsearch).

Dans ce cadre, une coopération informelle avec la Nasa-JPL concerne la visualisation des données Argo dans l’architecture développées par le JPL : CMC (Common Mapping Client) et S-DAP (subsetting API).

<http://bluecloud.odatis-ocean.fr>



**Copernicus Marine services**

- Saildrones

Dans un cadre Copernicus, Coriolis collecte désormais en temps réel les données de saildrones, comme nouvelles plateformes (campagne ATL2MED en cours entre Atlantique et Méditerranée).

- Produit vagues, extension à l’Australie

Europe, USA (NDBC), Canada (DFO) et maintenant Australie (IMOS)

- Produit Radar HF européens

Bonne montée en charge (10 sites en Novembre 2019)

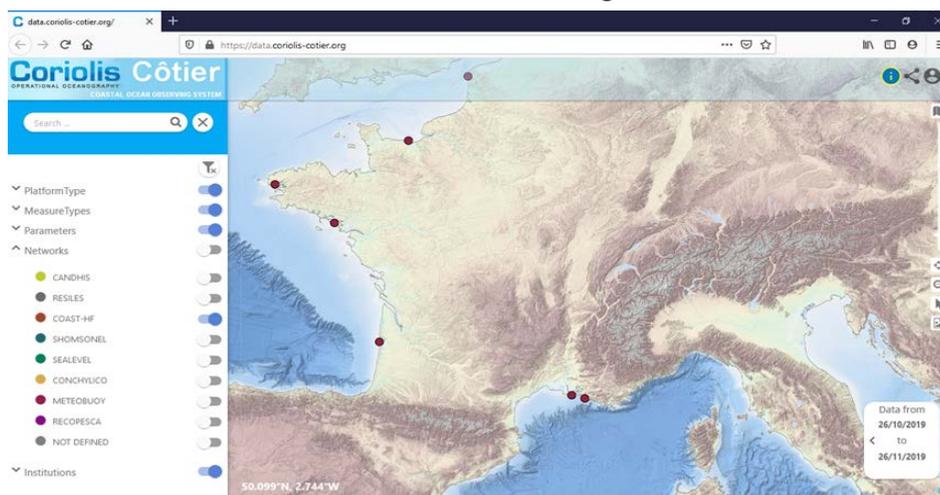
- Produit ADCP de coques

Par des techniques bigdata (Processus parallèles Spark sur fichiers de données Parque), les données de campagnes ADCP des navires océanographiques français sont diffusés dans un fichier NetCDF4 par navire.



- Coriolis-côtier

Les observatoires COAST-HF diffusés sur [data.coriolis-cotier.org](https://data.coriolis-cotier.org)



CARVAL Thierry

Ifremer Centre Bretagne

[thierry.carval@ifremer.fr](mailto:thierry.carval@ifremer.fr)



## 14. ACTIVITES DE LA CELLULE R&D EN LIEN AVEC LES MESURES DE TEMPERATURE ET DE SALINITE

*Rédacteurs : Gilles Reverdin, Tanguy Szekely, Jérôme Gourrion, Virginie Racapé*

La cellule R&D Coriolis regroupe deux chercheurs (Jérôme Gourrion et Tanguy Szekely) au sein de la SCOP ARL OceanScope, fortement soutenue par le CMEMS, une chercheur CNRS CDD (Virginie Racapé) travaillant sur les données d'oxygène et de carbone océanique, et un chercheur CNRS hors les murs (Gilles Reverdin). L'équipe travaille en liaison avec les actions de R&D menées dans les différentes composantes de Coriolis, parfois avec un soutien du SOERE CTDO2.

Les activités de recherches et développement menées par l'équipe de la SCOP ARL OceanScope ont porté sur les trois premiers points.

### 14.1 Adaptation et mise en place de la méthode Min/Max pour les produits NRT de CORIOLIS dans le cadre de CMEMS.

La méthode MinMax a été développée depuis 2014 par la cellule R&D de CORIOLIS pour les activités de contrôle qualité en temps différé (Gourrion et al., 2020). Elle consiste à vérifier localement si une observation est incluse dans un intervalle de validité dont les bornes inférieures et supérieures sont estimées à partir du minimum et du maximum observés *localement* dans un jeu de données historique de référence. Elle a démontré son efficacité à réduire significativement la quantité de fausses alertes dans les listings d'observations à contrôler par l'opérateur temps différé dans une deuxième étape.

Pour une application opérationnelle en temps réel, il est nécessaire que la méthode soit plus automatique car la possibilité de contrôle postérieur des alertes par un opérateur est fortement (ou même totalement) réduite. Il devient indispensable de modifier les estimateurs des bornes de l'intervalle de validité car les minimum et maximum statistiques ne sont pas totalement robustes, toute la variabilité locale possible n'ayant pas été systématiquement observée, et continuent à générer un nombre excessif de fausses alertes.

En 2018, une étude de faisabilité a été menée en collaboration entre OceanScope et SISMER. Les estimateurs ont été modifiés statistiquement en élargissant d'un facteur  $(1+P)$  les demi-intervalles de part et d'autre du centre de la distribution pour simuler artificiellement la variabilité non représentée dans le jeu de données de référence. En se limitant au cas des profilers ARGO sur la période Juillet-Août-Septembre 2018, la réduction globale du taux de fausses alertes en fonction du facteur P a pu être caractérisée. La méthode a démontré une capacité nouvelle à détecter des dérives de capteur très tôt après leur apparition. Les conclusions de l'étude ont permis de définir une valeur globale de P pour laquelle un test opérationnel a été mis en place fin 2018, et une mise en opération à CORIOLIS sur la chaîne de traitement temps réel à partir de Janvier 2019.

En 2019, le travail a consisté 1) dans le suivi et l'amélioration de la version de la méthode implémentée dans le traitement opérationnel temps réel, et 2) dans une nouvelle étude de sensibilité visant à mieux caractériser la nature des fausses alertes afin de mieux ajuster la valeur du facteur P selon les conditions.

- 1- Suivi en temps réel : Ce travail a permis de confirmer la robustesse de la méthode au cours de l'année 2019. La capacité à détecter plus tôt des dérives de capteur (notamment les séries récentes de capteurs SBE) a été confirmée. Le nombre de fausses alertes a été réduit de façon significative en modifiant manuellement les valeurs de minimum et/ou maximum dans certaines zones géographiques spécifiques où elles étaient peu robustes (e.g. Mer des Caraïbes, Mer de Chine).

2- Etude de sensibilité : Cette étude a permis de détailler des caractéristiques plus fines de la méthode, notamment:

- a) quantifier l'impact sur la performance de l'allongement de la période de temps utilisée pour construire les champs de référence
- b) augmenter la résolution spatiale des champs de référence (300 km au lieu de 700)
- c) distinguer les profils temps réel et temps différé dans le calcul des statistiques de performance
- d) distinguer les alertes "positives" (valeur > borne supérieure de l'intervalle de validité) des alertes "négatives" (valeur < borne inférieure)
- e) analyser à la fois les statistiques pour la salinité et pour la température (jusque là, seule la salinité était analysée, et le facteur P identique pour les 2 variables)
- f) rajouter l'analyse des alertes issues de profils en eau moins profonde (anciennement limité aux zones de bathymétrie supérieure à 1800 m)

L'analyse est bien avancée, et de nouvelles valeurs du facteur P, variant selon les critères importants mis en évidence dans l'étude de sensibilité, sont proposées, les champs de référence correspondants produits en vue d'être insérés dans les chaînes de traitement opérationnel (RT et DT). La suite du travail concernera 1) l'extension de l'application de la méthode à d'autres types de données que ARGO, 2) le développement de solutions adéquates pour les zones de l'océan mal couvertes par le Min/Max (Z > 2000 m, plateau continental et 3) le développement de champs à plus forte résolution pour les mers régionales de CMEMS (150 km au lieu de 300).

## 14.2 Développement d'un jeu de données Easy CORA

Le jeu de données CORA, dans son format actuel, présente l'intérêt de proposer une vision aussi exhaustive que possible de l'état de l'océan. De nombreux retours des utilisateurs ont toutefois indiqué que cet ensemble d'informations n'était pas toujours nécessaire, surtout pour ce qui concerne des utilisations de type réanalyses, et pouvait parfois nuire à la compréhension et à l'utilisation du jeu de données. Suite à l'étude des besoins des utilisateurs réalisée en 2019, celles-ci ont été mise en forme et un code algorithme permettant de formater les fichiers CORA en fichiers ECORA a été créé. Les fichiers Easy CORA se démarquent ainsi par une simplification importante des méta-données disponibles dans les fichiers CORA. Ainsi, seules les données considérées comme étant de bonne ou probablement bonne qualité sont distribuées dans ces fichiers. De plus, en cas de disponibilité d'une version ajustée du profil, seule la version ajustée (la meilleur version du profil) est distribuée dans le jeu de donnée CORA. Une seconde évolution du jeu de donnée réside dans le sous échantillonnage en temps et en espace des profils EasyCORA. Le jeu nouveau jeu de donnée est ainsi plus homogène et avec un échantillonnage plus proche de celui atteint par les grilles des modèles océaniques. Enfin, il existe un lien formel entre les deux jeux de données puisque les méta-données DC\_REFERENCE des deux jeux de données correspondent et que les DC\_REFERENCE non distribués dans EasyCORA du fait du sous échantillonnage sont conservés. Il est donc facile de passer d'un jeu de donnée à l'autre si nécessaire.

Suite à la production et la diffusion de la première version du jeu de données en août 2019, les retours d'expérience de son utilisation ont permis de repérer quelques erreurs et quelques améliorations possibles. Le début de l'année 2020 était donc dévolu à l'optimisation du code permettant le formatage du jeu de données. Ce travail, réalisé entre janvier et février 2020, a permis de diviser par 4 le temps de calcul nécessaire à la production du jeu de données. La suite du travail sur ce jeu de données portera sur l'élimination des problèmes soulevés :

- Perte de quelques profils ARGO
- Problèmes d'échantillonnage des drifters et des mouillages
- Erreurs dans les méta données

Etant donné l'avancement de ces travaux, on peut prévoir la diffusion d'une version améliorée du jeu de données dans l'année en cours.

### 14.3 Développement de métriques visant à qualification de la qualité du jeu de données

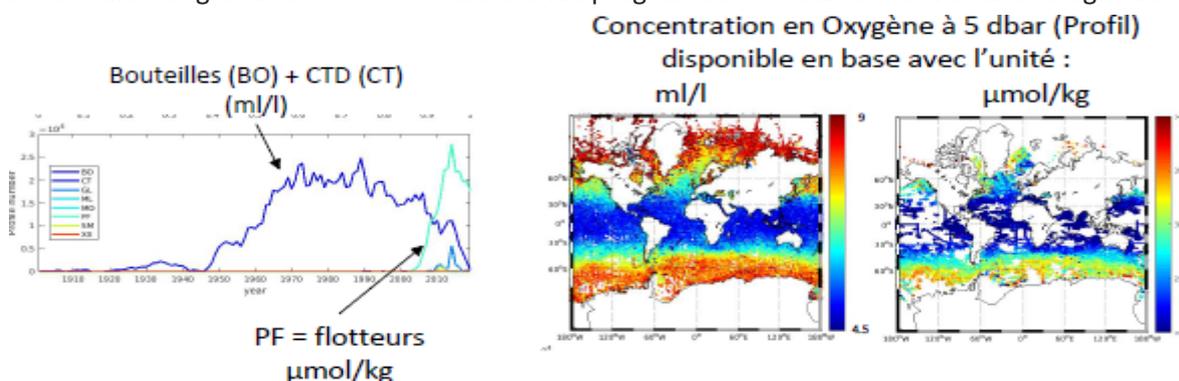
Un des enjeux de la distribution de jeux de données in-situ est la caractérisation de la couverture des données ainsi que la qualité de la validation et des méta-données associées. Dans le cadre de la refonte des documents décrivant les jeux de données produits par l'In Situ TAC, la cellule R&D Coriolis travaille à la mise au point de métriques permettant de rendre compte de manière intégrée de ces éléments. La difficulté étant que ces éléments varient fortement d'une région à l'autre, mais aussi dans le temps. Enfin, il convient que ces indicateurs restent représentatifs des différentes mesures physiques distribuées par le TAC In Situ (température, salinité, O<sub>2</sub>, U, V, etc...).

Une proposition d'indicateur allant dans ce sens a été faite au General Assembly Meeting de l'In Situ TAC en octobre 2019. Cette proposition se base sur le calcul de l'évolution dans le temps de la fraction de colonne d'eau échantillonnée ainsi que sur la surface couverte par des mesures pour chaque bassin. Cette métrique permet ainsi de rendre compte de l'évolution du système d'observation à l'échelle de chaque bassin, et ainsi de la faculté de rendre compte de la dynamique océanique bassin par bassin. Elle échoue cependant à décrire la qualité des données produites et à décrire finement la dynamique échantillonnée dans les zones côtières.

Suite à ces premiers travaux, une méthode a été développée début 2020, basée sur le calcul de « clusters » de données. Un cluster étant un groupe de données in-situ correctement répartis spatialement et temporellement et permettant de rendre compte de la variabilité océanique à petite échelle, méso échelle ou grande échelle. Le calcul du nombre de clusters disponible dans les jeux de données in-situ pour estimer localement un certain type de variabilité donnant ainsi une idée de la quantité d'information disponible localement. Les premiers tests de cette méthode se montrent encourageant. Cette méthode a ainsi été partagée au sein d'un groupe de travail de l'In Situ TAC afin de tester cette méthode.

### 14.4 Activités de la cellule R&D en lien avec les extensions biogéochimiques de Coriolis

Les réseaux de Coriolis ont recueilli, et continuent encore de recueillir un nombre non négligeable de données biogéochimiques (oxygène dissous, pH ou carbone océanique, fluorescence de la chlorophylle...). Beaucoup de ces données sont collectées automatiquement avec, normalement, une qualification 'temps réel, mais sans validation 'temps différé'. Un premier effort a été mis sur la variable oxygène qui représente 77% des données biogéochimiques de la base. Cet effort illustré ci-dessous a permis de récupérer dans les bases des données préalablement qualifiées aux bonnes unités et ayant en gros les bons ordres de grandeur. Cet effort sera étendu progressivement aux autres variables biogéochimiques.



### **Qualification temps réel ou temps partiellement différé**

En 2019, la cellule R&D a travaillé sur la mise en place d'une procédure de contrôle qualité dit 'temps réel' des profils d'oxygène dissous. Cette procédure regroupe un certain nombre de tests codés en langage matlab (Spike, profil gelé, gamme régionale ...) avec des développements en cours pour qu'elle soit:

- 1/ étendue aux séries temporelles,
- 2/ automatisée dès que le ratio 'nombre de bonnes alertes/nombre totale d'alertes' sera jugé acceptable (cas du « regional range test »)
- 3/ Mise en place par nos partenaires européens dans les centres de données régionaux afin d'harmoniser nos procédures de qualification
- 4/ adaptée et étendue aux autres variables biogéochimiques selon les recommandations de nos partenaires européens.

La qualification de ces données en temps partiellement différé représente un enjeu majeur notamment pour les flotteurs bioArgo. De nouvelles métriques sont en cours d'élaboration pour la variable oxygène afin d'améliorer significativement la qualité des données et des informations fournies en temps quasi réel, en collaboration avec l'équipe du LOV.

## **14.5 Les données 'ajustées' des thermosalinographes**

Ces données des navires d'opportunité disponibles en temps réel (par exemple, du SNO SSS, mais aussi d'autres navires dont les données sont transmises à GOSUD/CORIOLIS), sont souvent entachées de forts biais (en T, dû aux réchauffements dans les tuyauteries et en S, dû au bio-fouling). Coriolis et le SNO SSS ont travaillé (avec soutien d'un CDD CNRS début 2019) sur une méthode de qualification/ajustement 'temps réel' des données par comparaison aux données proches de flotteurs Argo. Cette étude a été finalisée en 2019 sur la base de données des années passées (mais disponibles en mode 'temps réel', ainsi que les colocalisations aux flotteurs Argo). L'analyse suggère que dans plus de 70% des cas, les ajustements proposés réduisent fortement le biais, tel qu'il est estimé en temps différé, et globalement résulte en une diminution de l'écart-type des erreurs des données qualifiées 'automatiquement' 'good' ou 'probably good'. Un des enjeux notés est de pouvoir l'appliquer sur le temps réel, ce qui doit passer par une réduction des temps de la chaîne de traitement (entre LEGOS et LOCEAN), et de mise à disposition des données ajustées (sur la base des colocalisations aux flotteurs Argo sur la semaine qui précède). Par ailleurs, il est important de continuer à tester la robustesse du traitement, qui semblait variable entre différentes zones géographiques ou différents bateaux, et de le tester 'en temps réel' sur une durée d'un an, afin d'estimer les performances de la méthode d'ajustement indépendamment de la période de test. Sur la base de ces résultats, une proposition sera faite sur des ajustements 'temps réel' des données transmises à GOSUD en juin 2020.

## **14.6 Les données des profils de salinité de capteurs 'mammifères marins'**

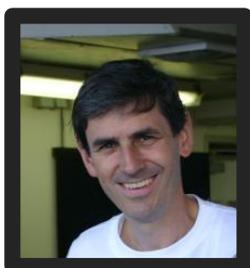
Les données des profils S (mais aussi T, à un moindre degré) issues des balises des mammifères marins sont souvent assez erronées près de la surface, surtout lors du passage dans des gradients importants de température, du fait de spécificité des capteurs (en particulier, leur inertie thermique). Une méthode de correction a été développée au sein de MEOP/SNO MEMO (Siegelman et al. 2019). Les modalités de sa mise en œuvre (TR et TD) ont été précisées en 2019, et une nouvelle base TD produite (2004-2018). Il sera aussi possible de mettre à disposition de fichiers ajustés 'à haute résolution temporelle' d'une partie des balises (françaises et australiennes) à partir de ces données. Des tests préliminaires suggèrent qu'il devrait être possible d'appliquer en temps quasi-réel et de façon semi-automatique de données ajustées en temps quasi-réel en appliquant des méthodes comparables à celles qui sont utilisées pour la qualification 'temps différé'. Par ailleurs, les premières qualifications et tests de capteur avec sonde de conductivité IST ont été réalisées en laboratoire (SMRU) pour des déploiements (en cours) à Kerguelen. Ils

demandent plus de qualification pour être concluants, mais sont néanmoins prometteurs. Un autre test avec un autre petit capteur (mais à fort prix) Wildlife System a été réalisé début 2019. Ces tests suggèrent que le capteur (récupéré sur une plage des Iles Malouines) fonctionne, malheureusement les données de comparaison au capteur standard Valeport sont difficiles à interpréter.

*Siegleman-Charbit L, Roquet F, Mensah V, Rivière P, Pauthenet E, Picard B, Guinet C (2019) Correction and accuracy of continuous high-resolution CTD data from animal-borne instruments. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-18-0170.s1>.*

## 14.7 Données de courant

La cellule R&D a continué son soutien et veille sur les mesures de courant recueillies par les différents réseaux de Coriolis. D'une part en suivant et vérifiant (avec l'aide du SNO ARGO), la qualification en 'temps différé' de la mise à jour annuelle de vitesses de dérive des flotteurs ARGO (produit ANDRO), qui permet le traitement annuel en temps différé d'environ 1000 flotteurs ARGO. Ces traitements sont parfois délicats à faire sur certains flotteurs de centres étrangers, et la priorité est donnée aux flotteurs sous la responsabilité du centre Coriolis et aux sous-ensembles d'autres centres les plus faciles à traiter. Par ailleurs, la réflexion a été poursuivie sur la mise en place de qualification 'temps réel' des données de dérives de flotteurs Argo. Les tests ont montré la pertinence d'une approche quasi-automatique pour la majorité des données de flotteurs, en particulier loin de la bathymétrie des talus continentaux. Cette pré-étude suggère qu'une méthode automatique pourrait être appliquée en temps réel, qui résulterait en la détection de 95% des anomalies avec peu de fausses détections. Depuis décembre 2019, avec l'aide d'un CDD de courte durée (CNRS), la R&D Coriolis et le SNO Argo-France proposent de valider et tester ces algorithmes de qualification (portant principalement sur la position, les cycles, le temps, les échouages et immersion de plongée). Cela pourrait initier la mise en place d'une chaîne de traitement pour les données de trajectoires profondes des flotteurs Argo. Cette chaîne prévoit de déployer des contrôles automatiques en temps réel, en complément de la mise en disponibilité des utilisateurs des données de qualité scientifique qualifiées et corrigées en temps différé.



### REVERDIN Gilles

LOCEAN, Univ. Paris VI, boîte 100,  
4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05  
France

[gilles.reverdin@locean-ipsl.upmc.fr](mailto:gilles.reverdin@locean-ipsl.upmc.fr)

## 12 ANNEXE COMPOSITION DES COMITES

Coordinateur technique Coriolis : Sylvie Pouliquen IFREMER

Coordinateur Scientifique Coriolis : Gilles Reverdin CNRS

### 14.8 Comité Directeur

- CEREMA - Nathalie Metzler
- CNES - Gerald Dibarboure, Thierry Guinle,
- CNRS/INSU - Bruno Blanke, Gérard Eldin, Gilles Reverdin (Coordinateur Scientifique),
- Ifremer - Patrick Vincent (Président du Comité Directeur), Ifremer - Pierre-Yves Le Traon (Secrétaire exécutif), P. Cotty, J. Paillet, Ifremer - Sylvie Pouliquen (Coordinateur technique Coriolis),
- IPEV - Xavier Morin
- IRD - Yves Morel, Marina Lévy, Frédéric Ménard
- Météo France - Philippe Dandin,
- SHOM - Jean-Claude Le Gac

### 14.9 Comité de Pilotage

- Coordinateurs Sylvie Pouliquen, Gilles Reverdin,
- Responsables de composantes : Thierry Carval, Nathanaële Lebreton, Gilles Reverdin,
- Représentant des Services d'Observations :
  - CEREMA : Xavier Kergadallan
  - Argo : Guillaume Maze ;
  - Bio-Argo : Fabrizio D'Ortenzio ;
  - SSS : Gael Alory;
  - Pirata : Bernard Bourlès ;
  - Bouées ancrées et dérivantes : Gilbert Emzivat ; Paul Poli
  - MEMO : Christophe Guinet ;
  - Glider : Pierre Testor ;
  - Marégraphie : Vincent Donato ;
  - Réseau Côtier Haute Fréquence : Guillaume Charria, Julie Coquemnpt

### 12.1 Composante Coriolis-Données

- Coordinateur : Thierry Carval IFREMER,
- Centre IFREMER : Loic Petit de la Villéon,
- Centre SHOM Coriolis-Marine: V Cariou,
- SO Pirata : Bernard Bourlès, Jacques Grelet,
- SO SSS: Gael Alory,
- Bouées ancrées et dérivantes : Paul Poli
- Glider: PierreTestor,
- MEMO: Fabien Roquet
- REFMAR : Vincent Donato,
- Réseau Haute Fréquence Côtier : Jean-François Le Roux.

## 14.10 Composante Moyens à la Mer

- Coordination : Noé Poffa,
- Déploiement Argo :
  - IFREMER : Noé Poffa;
  - IRD : Fabrice Roubaud ;
  - CNRS : Emmanuel De st leger ;
  - SHOM : Nathanaële Lebreton.
- Centre commun d'étalonnage des capteurs de d'analyses des échantillons de mer :
  - SHOM ;
  - IFREMER : Florence Salvetat ;
  - IRD : Denis Diverrès.
- SO Pirata: Bernard Bourlès, J Grelet,
- SO SSS: Gael Alory,
- Bouées ancrées et dérivantes : Gilbert Emzivat
- Glider: J Melkonian,
- MEMO : Christophe Guinet,
- REFMAR : Vincent Donato,
- Réseau Haute Fréquence Côtier : Loïc Quemener.

## 14.11 Composante R&D

- Coordinateur : Gilles Reverdin,
- IFREMER : Christine Coatanoan,
- CNRS : Cellule R&D,
  - Virginie Racape (CDD financement CNES Coriolis);
- OceanScope
  - Tanguy Szekely (Partner CMEMS INSTAC)
  - Jérôme Gourrion ((Partner CMEMS INSTAC)
- SO-Argo : Nicolas Kolodziejczyk , Cécile Cabanes
- SO Pirata : Bernard Bourlès,
- SO SSS: *Gael Alory*
- Bouées ancrées et dérivantes : Gilbert Emzivat,
- Glider : Pierre Testor,
- MEMO : Christophe Guinet, Fabien Roquet,
- REFMAR : Vincent Donato,
- Réseau Côtier Haute Fréquence : Guillaume Charria.