

Bilan Argo-France 2019

Comité de Pilotage Argo-France



Réf. : AF-2020-BILAN2019

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

Date : 19/03/2020

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).

Table des matières

Équipes et programme	5
Opérations à la mer : CODEP	5
Achats flotteurs	5
Composante T/S - NOSS	6
Composante T/S/O2	6
Composante Deep	6
Composante BGC	7
Activités Déploiements	7
Document de Stratégie nationale de déploiement	8
Monitoring de la flotte	8
Gestion des données	9
DAC : centre de données des flotteurs Coriolis	9
Flotteurs actifs	9
Tous les flotteurs Coriolis	9
DAC Coriolis BGC-Argo	13
Données temps différées transmises aux GDACs	15
GDAC: centre de données global des flotteurs Argo	15
Inventaire des données Argo	15
Empreinte des fichiers de GDAC Argo	17
Tableau de bord Argo Sémaphore: créditer les fournisseurs de données	17
Flotteurs BGC-Argo	19
Codep, métadonnées capteurs SBE41	22
Projets européens Argo-données	22
Argo Mocca: machine learning appliqué aux observations Argo	22
Argo EA-Rise: développer l'observation océan in situ par flotteurs Argo	23
ENVRI-FAIR : connecter les ERICs à l'EOSC Blue Cloud	23
EOSC-hub: construire le Blue Cloud européen pour la science	24
Big data Coriolis, projets MOCCA et ENVRI-FAIR	25
Outils et produits	25
ISAS SSS and ISAS O2	25
Nouvelle méthode DMQC basée sur l'Intelligence Artificielle	26
DMQC BGC	26
Trajectoires	26
Outils collaboratifs	27
Autres logiciels et produits	27
Ocean state report	28

ICES North Atlantic Ocean State Report (IROC)	28
Recherche	28
Publications marquantes	28
Faits marquants	28
Projet H2020 EA-RISE	28
Projet ERC REFINE	29
Coordination scientifique et animation	29
Annexe : Bibliographie Argo-France	31

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 global de données Argo (Coriolis GDAC).

2. Opérations à la mer : CODEP

codep@ifremer.fr : noe.poffa@ifremer.fr et nathanaele.lebreton@shom.fr

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)

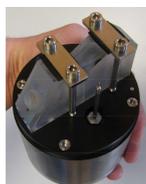
et 3 GMMC avec contribution du CNES).

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.

2.1.1. 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).

2.1.2. 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.

2.1.3. Composante 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.

2.1.4. 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)
- 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.



2.2. 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 Iridium	ARVOR Argos	CTS3-DO	BGC	DEEP	CTSS ICE	Zone de déploiement	Navire	Campagne	Date de campagne	Port d'expédition	Date d'expédition	
DVIDE	THIERRY V.			4					ASFAR						
OISO	BLAIN S. / LO MONACO C. - UPMC	GMMC 2017 + OPPORTUNITÉ	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 MATY2	15/02 au 05/03	TOULON		
PERLE 2	CLAUSTRE H. -LOV	GMMC 2018			4				Méditerranée SE	POURQUOI PAS ?	PERLE2	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	OPPORTUNITÉ	3						Indien Ouest	BTBP	TRANSIT OIBRE	juin-19	BREST	15/12/18	
PIRATA FR29	BOURLES Bernard -IRD	OPPORTUNITÉ	3	1	2				Golfe de Guinée	THALASSA	PIRATA FR29	27/02 au 27/03	BREST	14/02/2019	
BTBP TV EPARSEES	SHOM	OPPORTUNITÉ							Canal du Mozambique	BTBP	TRANSIT OIBRE	Juillet-Août 2019	BREST	15/12/18	
TV ATALANTE Atlantique	MAZE G.	OPPORTUNITÉ	3						Gulf Stream	ATALANTE	TRANSIT BR-PNMA	30/01 au 16/02	BREST	26/12/19	
TV ATALANTE Pacifique	CSAVIATES	OPPORTUNITÉ + Ex-GMMC	10						Atlantique Tropical Est	ATALANTE	TRANSIT PNAM-NMA	17/02 au 21/03	Brest	26/12/19	
MOOBY	COPPOLA L. -LOV	GMMC 2018	1	1	4		0		Méditerranée NO	THALASSA	MOOSE	07/06 au 02/07	BREST	30/5/19	
ANI902B	LEYMARIE Edouard -LOV	OPPORTUNITÉ	2			2	2		Baie de Baffin	CCGS AMUNDSEN	GREENEDGE	juil.-19	QUEBEC	mars-19	
TONGA	GUIEU Cécile-LOV / BONNET Sophie-MIO	GMMC 2017 - 2018	5			2			Pacifique SW (Tonga)	ATALANTE	TONGA	31/10 au 06/12	NOUMEA	Août 2019	
VSF / RARA / JV2019	COATANDAN Christine - Ifremer	OPPORTUNITÉ			6				Transatlantique	Voiliers	VSF	Fin 2018	Variable	Mi 2019	
SHOMAN CARAPASS	SHOM Elodie Marchés - sédiments	OPPORTUNITÉ								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	
NADS + PROTO	CLAUSTRE H. -LOV	OPPORTUNITÉ				4			Med	POURQUOI PAS ?	NARVAL CARAPASS 2019	mai-19	BREST	avr.-19	
TOTAL 2019			41	12	10	9	0	2							
			74												

2.2.1. Document de Stratégie nationale de déploiement



National Strategy for Argo Global Network
Profiling floats Deployments of Opportunity
Argo-France Steering Committee



Ref : AF-2019-DEP-STRAT

Auteurs : N. Kolodziejczyk, T. Carval, M. Clavre, F. DiGeronzo, N. Lebréton, P.-Y. Le Traon, O. Maze, N. Poffa, S. Pouliquen, A. Poteau, C. Schmechtig, H.V. Thierry

version 1 - 13/02/19



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.

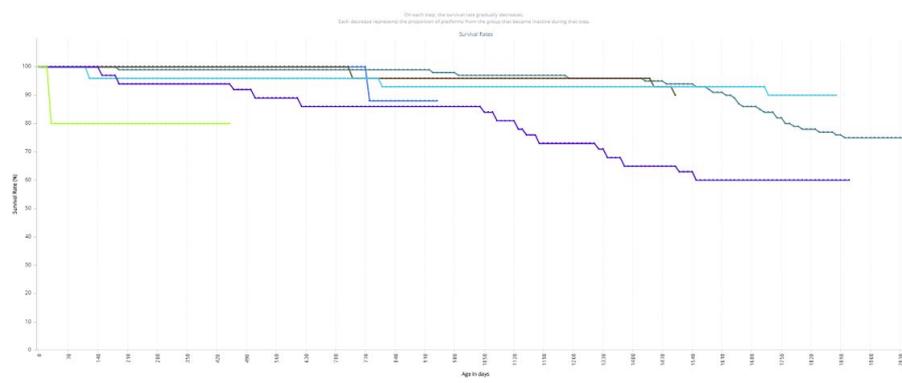
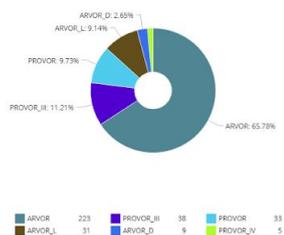
Kolodziejczyk Nicolas, Carval Thierry, Clavre Hervé, D’Ortenzio Fabrizio, Lebréton Nathanaele, Le Traon Pierre-Yves, Maze Guillaume, Poffa Noe, Pouliquen Sylvie, Poteau Antoine, Schmechtig Catherine, Thierry Virginie (2019). **Stratégie nationale pour les déploiements d’opportunité des profileurs du 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>

2.2.2. 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)

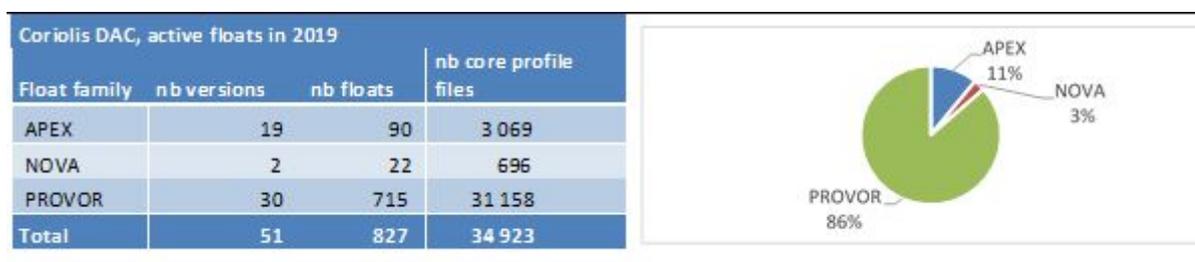
3. Gestion des données

3.1. DAC : centre de données des flotteurs Coriolis

3.1.1. 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.

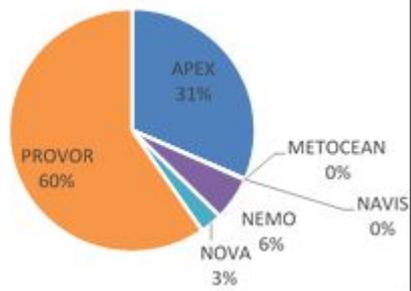
Les 827 flotteurs gérés au cours de cette période avaient 51 versions de formats de données.



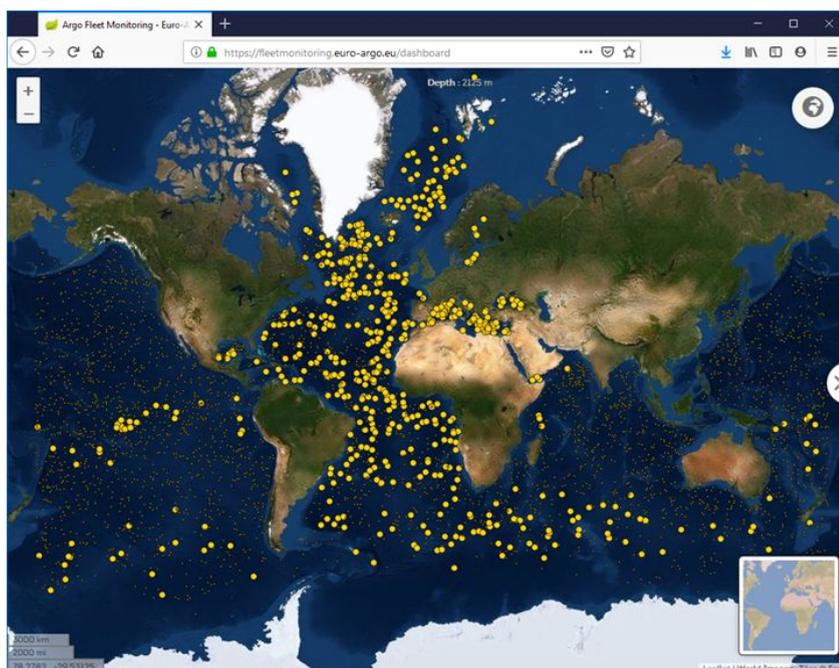
3.1.2. Tous les flotteurs Coriolis

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.

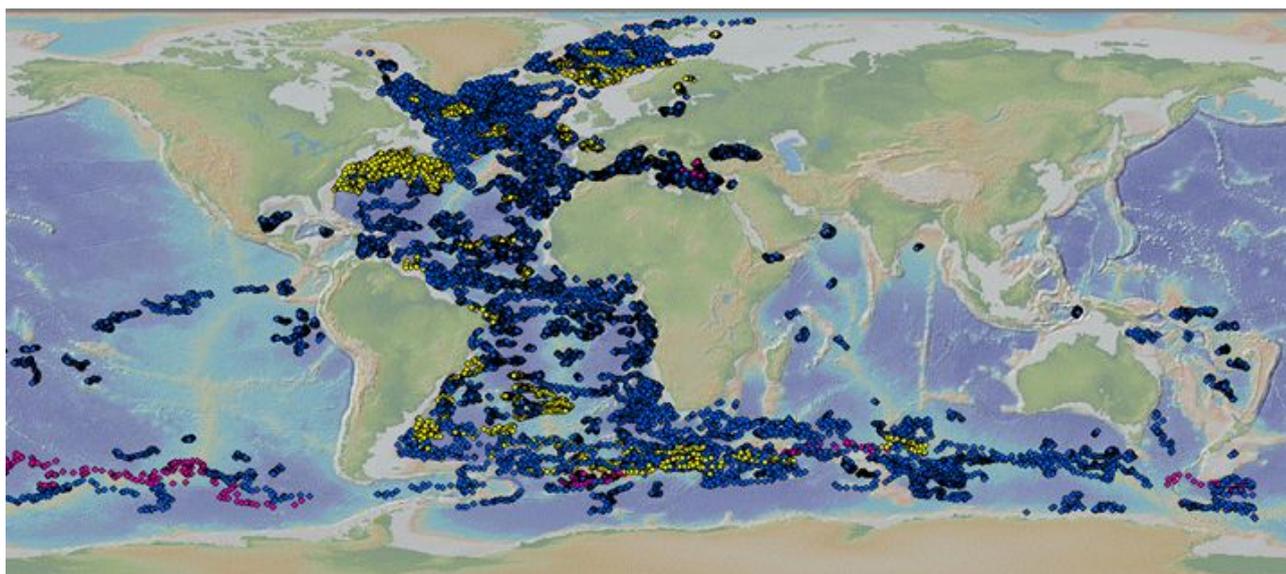
Coriolis DAC, all floats, 2019			
Float family	nb versions	nb floats	nb core profile files
APEX	69	886	103 867
METOCEAN	1	1	52
NAVIS	1	3	644
NEMO	8	162	8 902
NOVA	3	82	6 100
PROVOR	64	1 675	204 786
Total	146	2 809	324 351



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

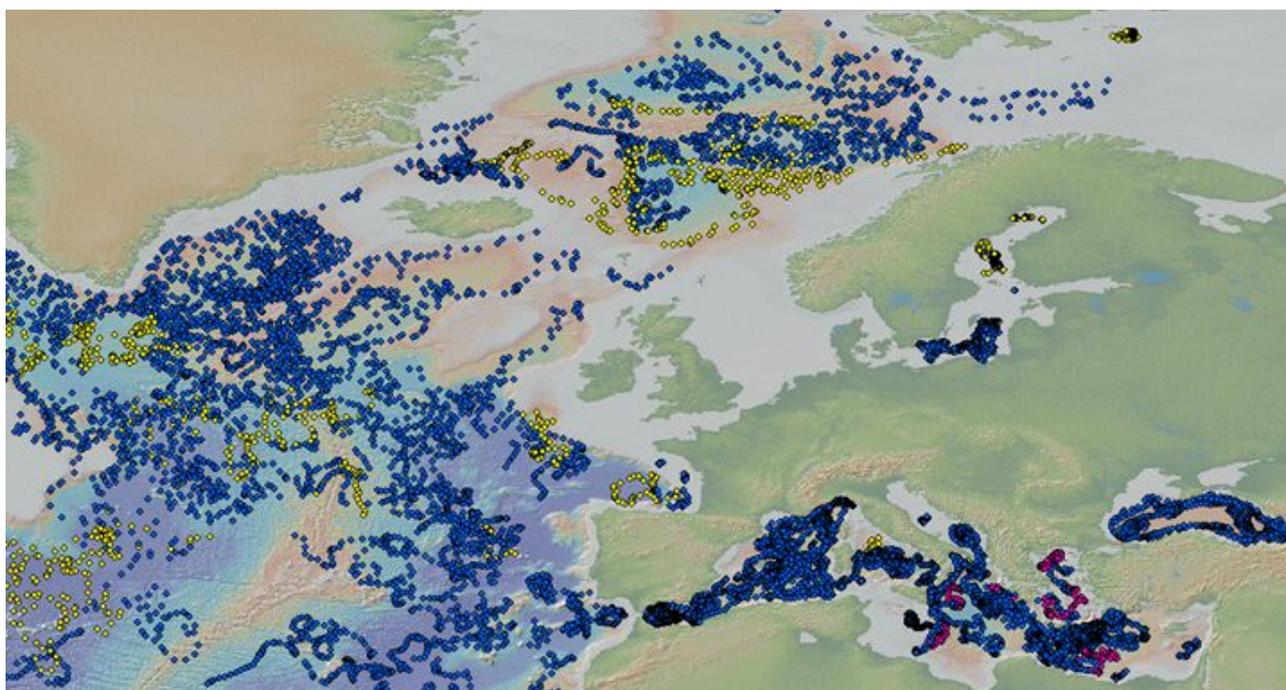


Carte des 827 flotteurs actifs décodés par le DAC Coriolis en 2019 (autres DACs : petits points gris) tels que affichés sur le tableau de bord des flotteurs Euro-Argo <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/dashboard>

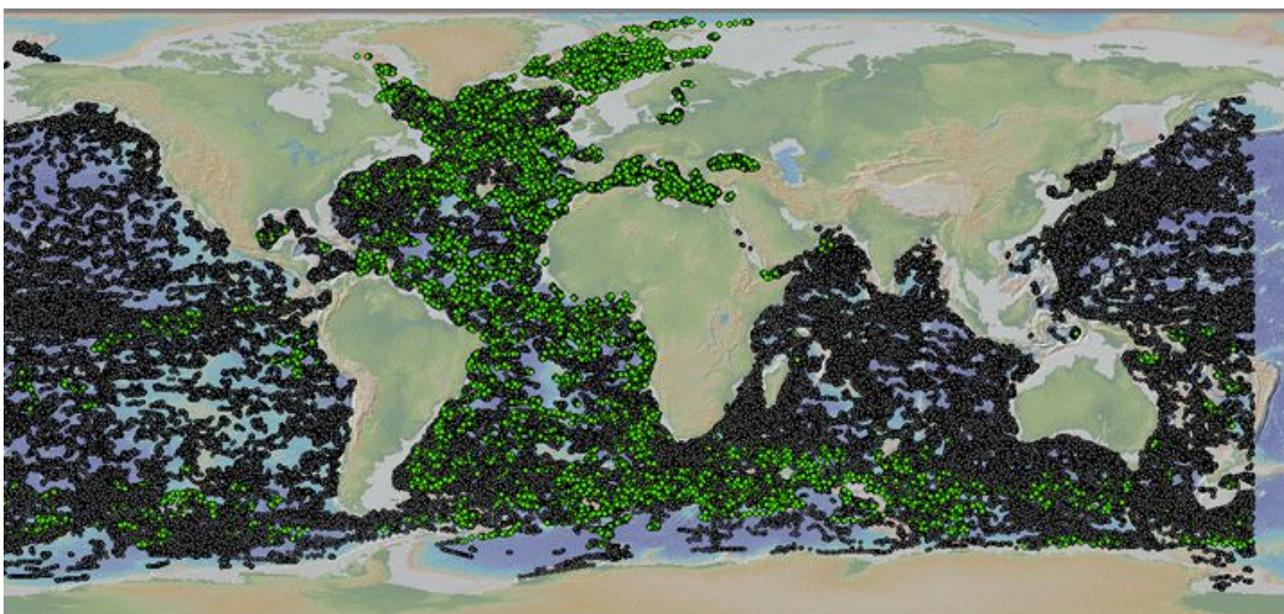


Carte des 34 923 profils de 827 flotteurs actifs décodés par le DAC Coriolis en 2019

Apex Nova Provor



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 Nemo Nova Provor

3.1.3. DAC Coriolis BGC-Argo

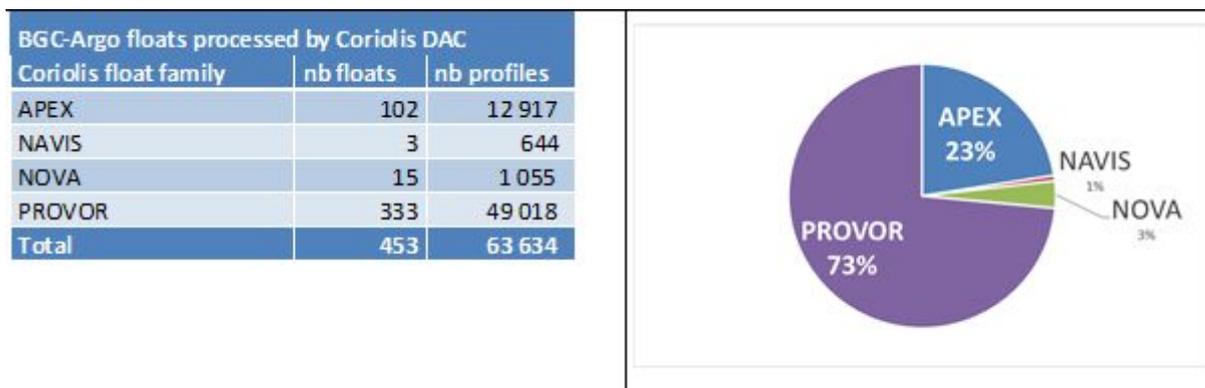
La chaîne de traitement des données Matlab est régulièrement améliorée pour gérer les données et les métadonnées des flotteurs Coriolis-BGC. Ce sont des flotteurs innovants équipés de capteurs bio-géo-chimiques (BGC). Le DAC Coriolis gère **453 flotteurs BGC-Argo de 4 familles**. Ils ont effectué **63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

La chaîne de traitement des données est librement disponible:

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

Retraitement des données d'oxygène

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.



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

Caractéristiques générales des flotteurs BGC-Argo Coriolis

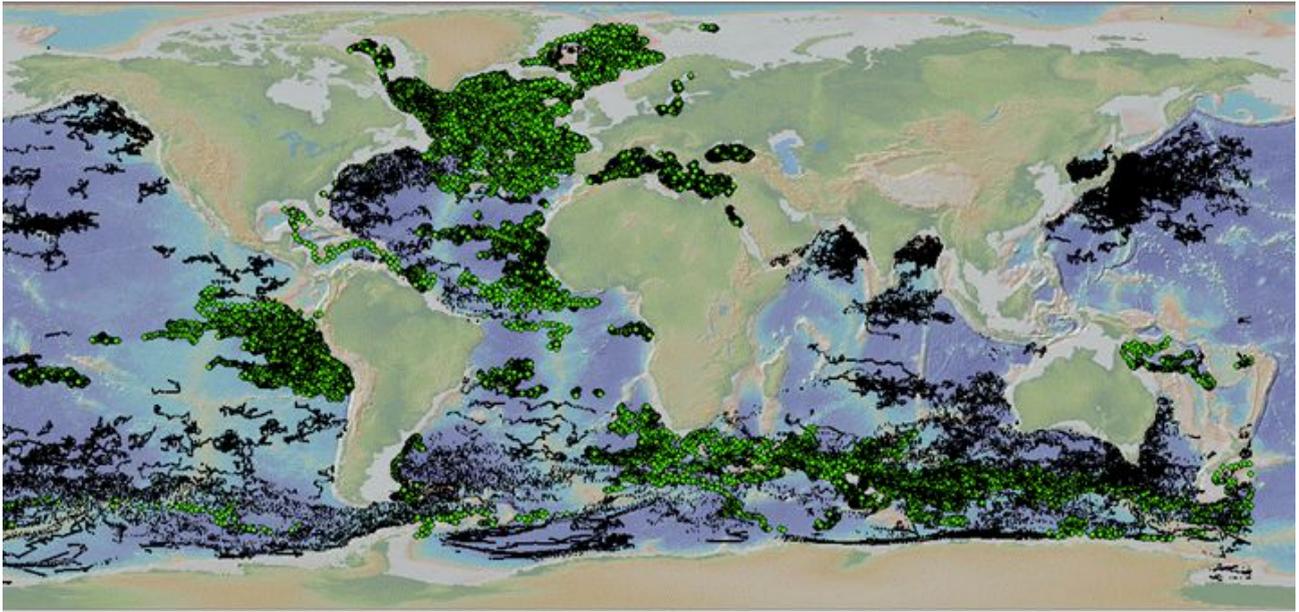
- Communications Iridium SBD, Iridium Rudics ou Argos
- Quatorze types de capteurs sont montés sur les flotteurs
- Onze paramètres BGC gérés

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	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 DAC). 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.

3.1.4. Données temps différées transmises aux GDACs

Un profil en mode retardé 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.

GDAC: centre de données global Argo

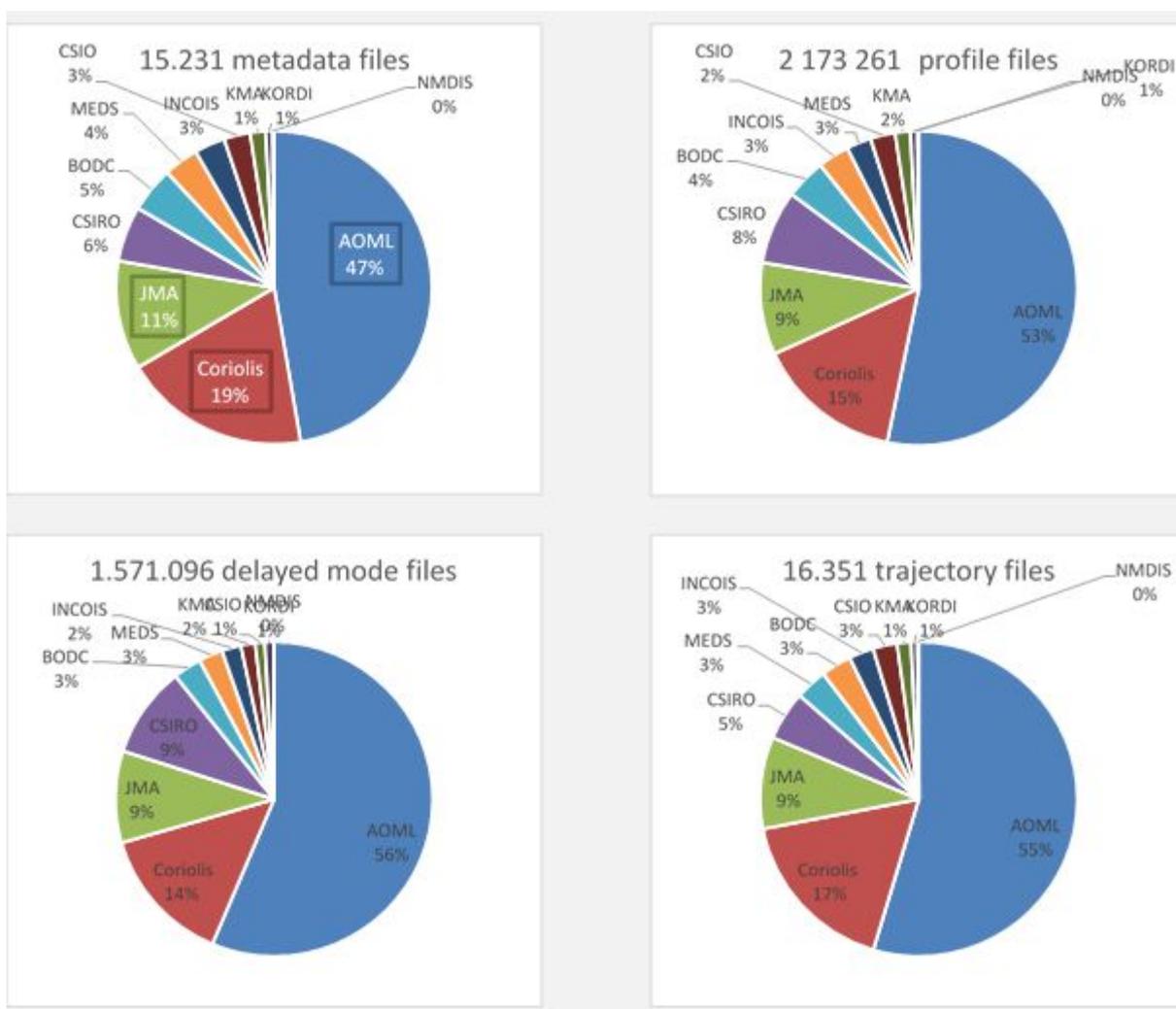
3.2. GDAC: centre de données global des flotteurs Argo

3.2.1. 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
Total	15 231	4%	2 173 261	7%	1 571 096	11%	16 351	4

Comptage des fichiers distribués par le GDAC Argo en octobre 2019



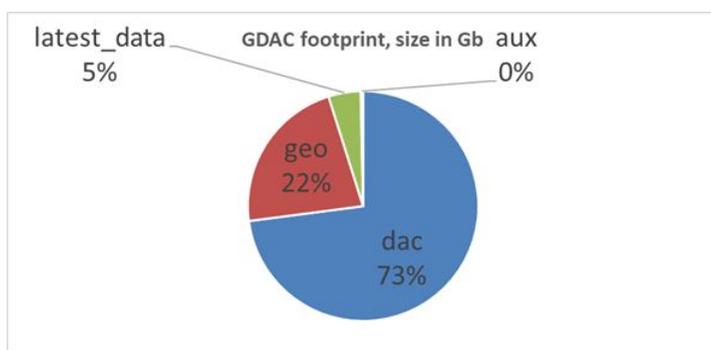
Distribution par DACs des fichiers du GDAC Argo en octobre 2019

3.2.2. 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)



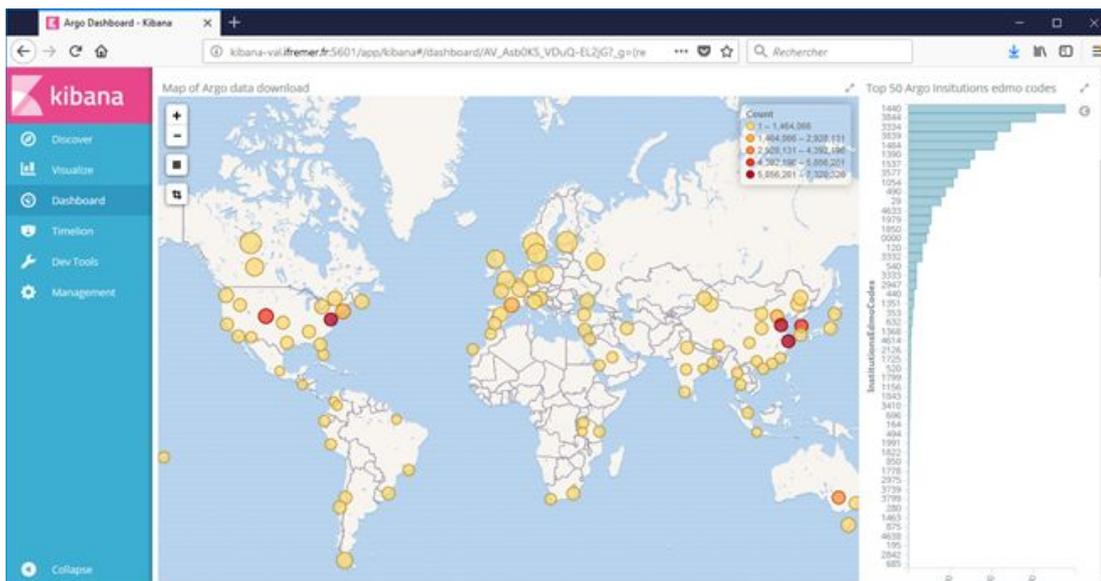
Répartition des fichiers du GDAC par répertoires

3.2.3. 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,...).



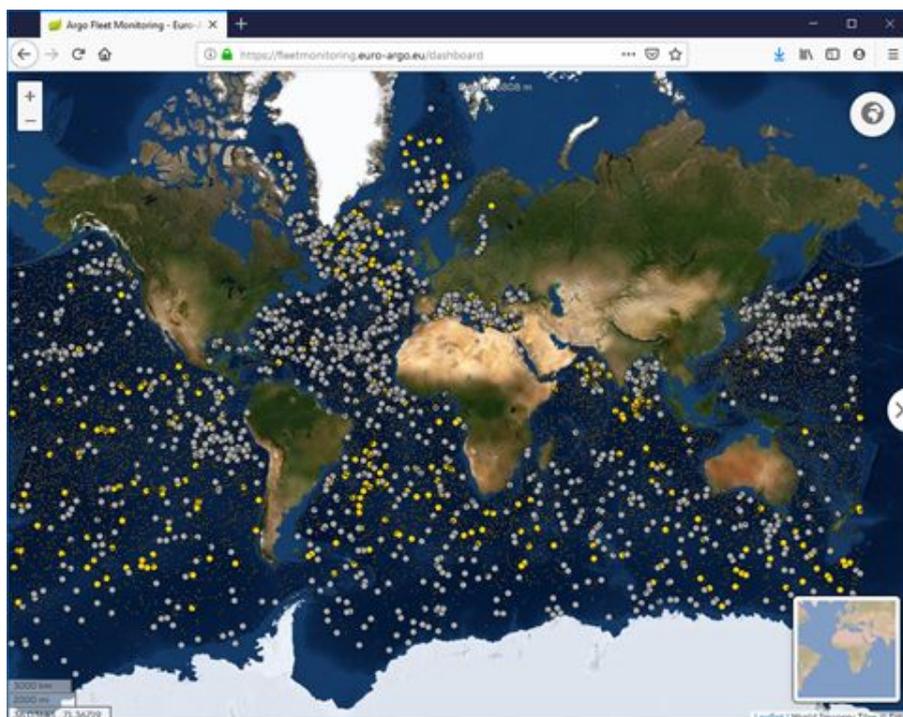
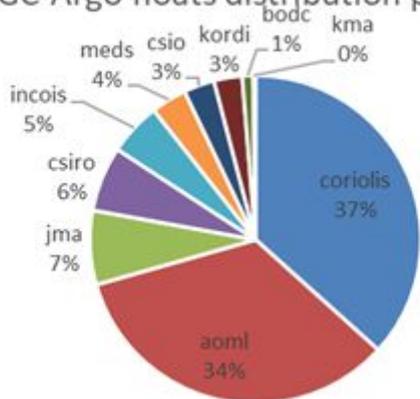
Le top 50 des téléchargements d'institutions flottantes et le top 50 des utilisateurs de données

3.2.4. Flotteurs BGC-Argo

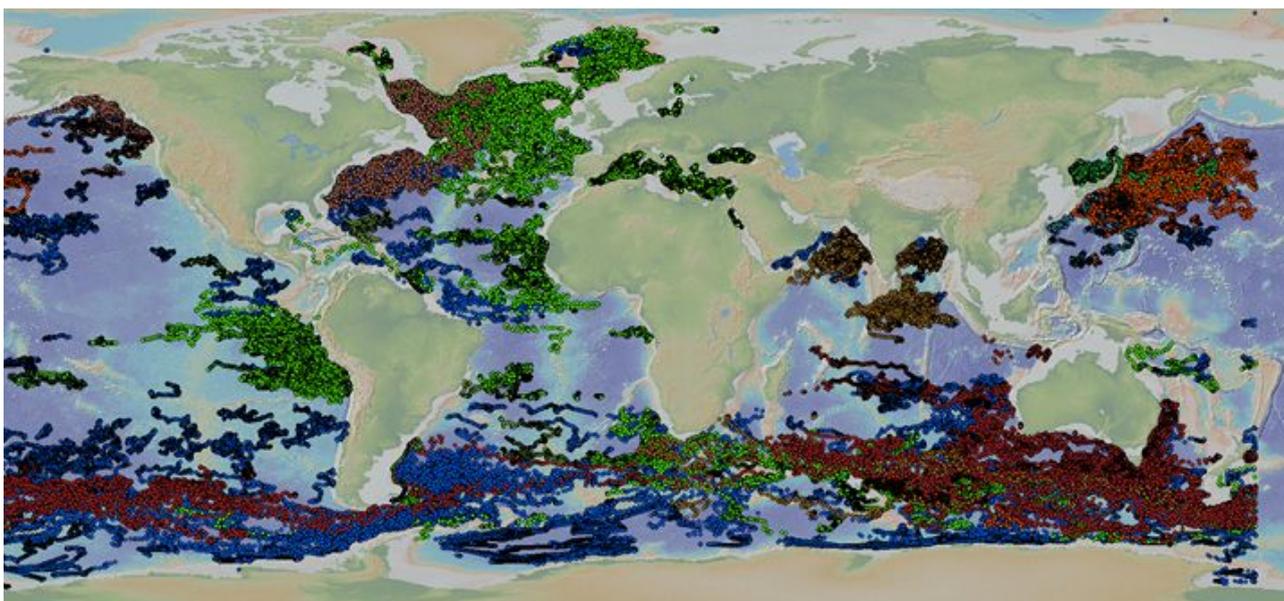
En octobre 2019, **189.142 profils BGC-Argo de 1234 flotteurs** étaient disponibles sur Argo GDAC. C'est une forte augmentation par rapport à 2018: **+ 15% de flotteurs en plus** et **+ 14% de profils en plus**.

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
Total	1234	189 142

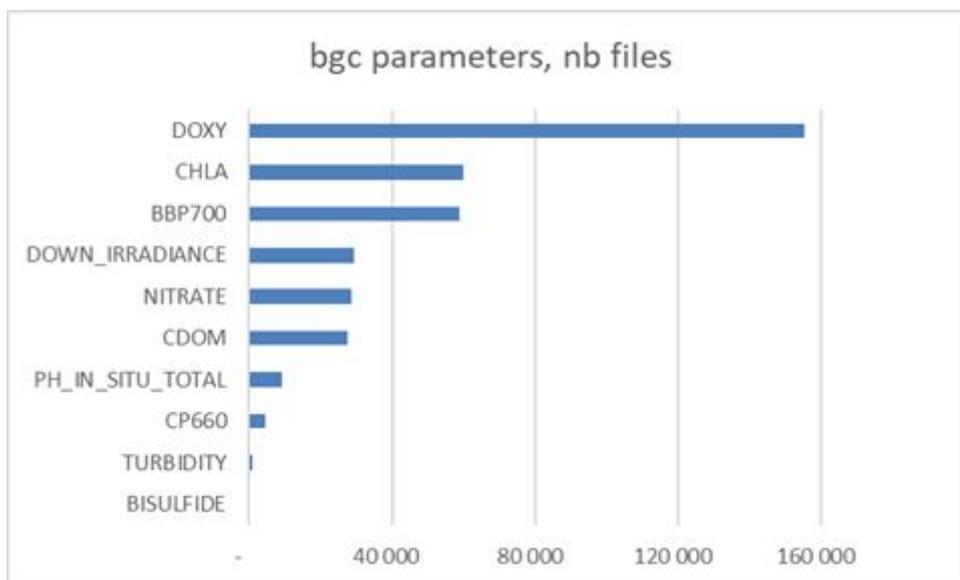
BGC-Argo floats distribution per DAC



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



Profils verticaux BGC-Argo, couleurs par DACs



Principaux paramètres physiques BGC-Argo, nombre de profils

parameter	nb files
BISULFIDE	255
TURBIDITY	904
CP660	4 722
PH_IN_SITU_TOTAL	9 209
CDOM	27 455
NITRATE	28 475
DOWN_IRRADIANCE	29 259
BBP700	58 852
CHLA	59 756
DOXY	155 309

3.2.5. Codep, métadonnées capteurs SBE41

Dans le soucis d'avoir une base de donnée 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 revue 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.

3.3. Projets européens Argo-données

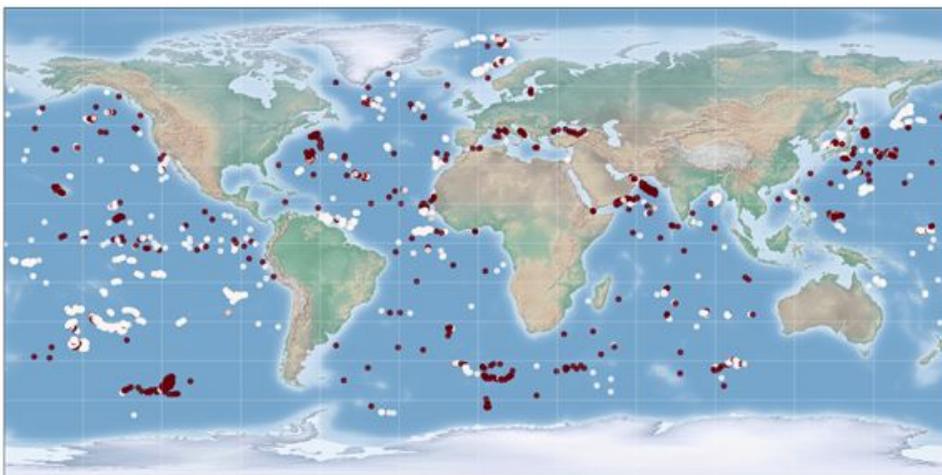
3.3.1. Argo Mocca: machine learning appliqué aux observations Argo

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 observation atypiques à contrôler visuellement.



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

3.3.2. 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 CO2

WP7 Outreach

- Evolution du « serious game » Wesstiti, à destination des écoles

3.3.3. ENVRI-FAIR : connecter les ERICs à l'EOSC Blue Cloud

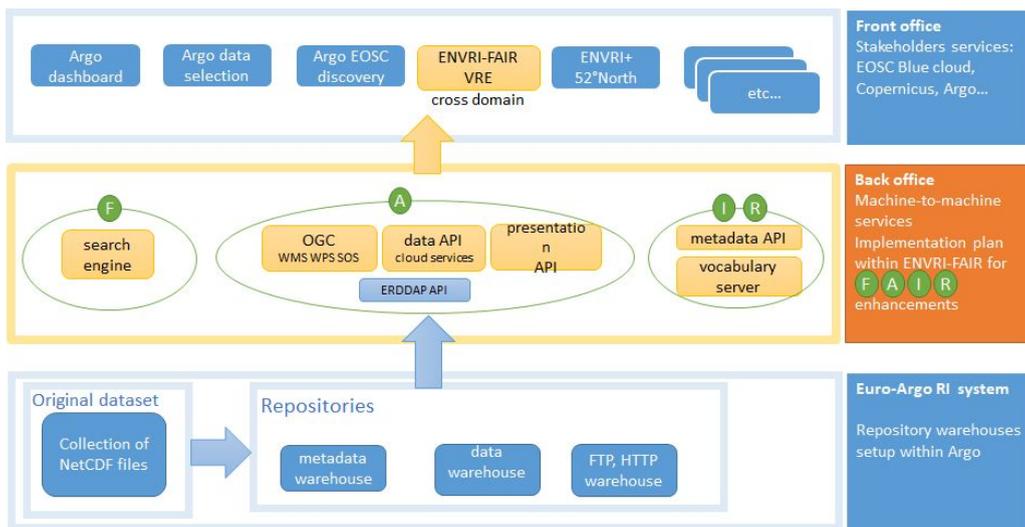
L'Europe soutient significativement la "Fairtitude" des infrastructures données de recherches (ERIC).

L'objectif est de contribuer à l'EOSC Blue Cloud (European Open Science Cloud).

Le centre de données Argo (Coriolis-données) coordonne le domaine marin: Euro-Argo, EMSO, ICOS-Marine, SeaDataNet.



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

Les API Argo-données et Argo-métadonnées déployées pour ENVRI-FAIR sont un service d'accès novateur et très interactifs aux données Argo:

- **Novateur:** bases de données bigdata nosql Elasticsearch (3 million de métadonnées) et Cassandra (5 milliard d'observations individuelles)
- **Interactif:** des temps de réponses de l'IHM instantanés (i.e. moins d'une seconde sur l'Interface Home Machine Angular-JS)

3.3.4. EOSC-hub: construire le Blue Cloud européen pour la science

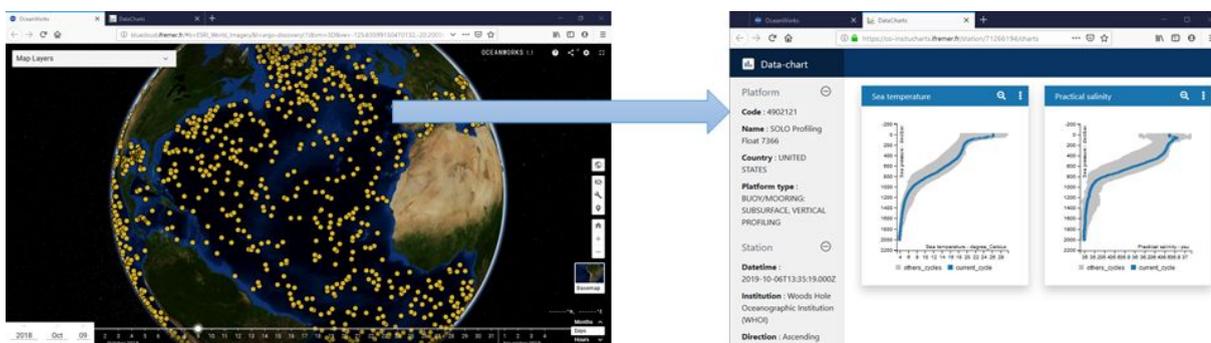
EOSC-Hub est un projet destiné à la mise en place de l'infrastructure technique du cloud pour la science européenne. Le centre de données Coriolis est impliqué via Argo dans le WP8.3 "Marine competence centre" dont les deux tâches principales sont:

- 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>

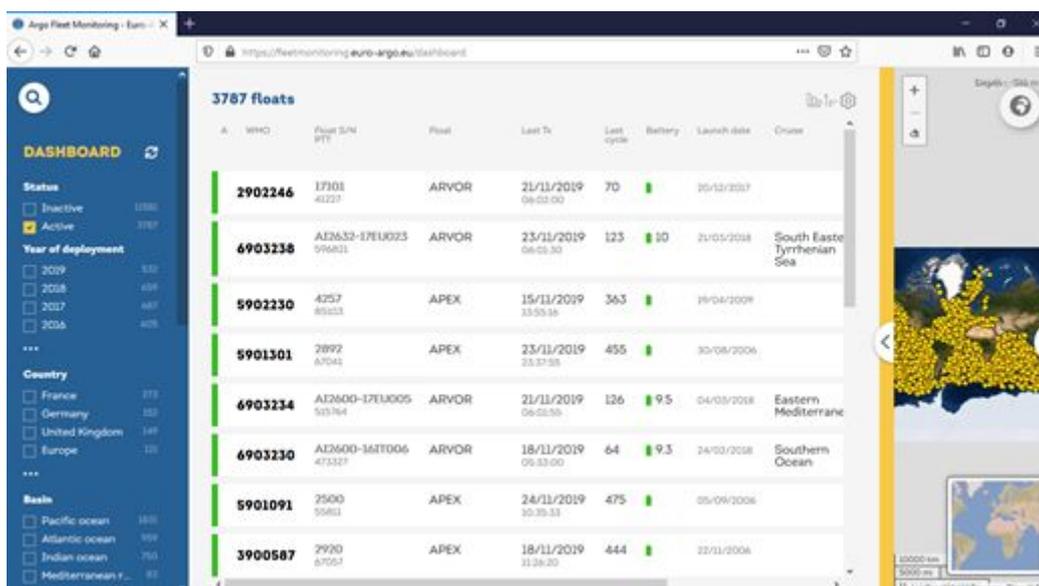


Big data Coriolis, projets MOCCA et ENVRI-FAIR

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).



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.

4. Outils et produits

4.1. 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 jours 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.

4.2. 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).

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).

4.3. 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.

4.4. 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" qualifiés 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.

4.5. 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. 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
- Hébergement de codes numériques pour distribution et développement (repositories),
- Outils d'organisation et de discussion par équipes
- Outils de gestion de projets.

4.6. 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. 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'EARISE, le LOPS développe un logiciel de simulation de flotte Argo. Ce simulateur utilise les champs de vitesse des produits Mercator pour faire évoluer une flotte virtuelle 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.](#)

4.7. 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):

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>

5. Recherche

5.1. 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 lié 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).

5.2. Faits marquants

5.2.1. 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. 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
 - Hébergement de codes numériques pour distribution et développement (repositories),
 - Outils de d'organisation et de discussion par équipes
 - Outils de gestion de projets.

5.2.2. 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) 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 CO₂. C'est dans la zone mésopélagique (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 robotisées 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.

6. 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 ont été co-écrits 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-ieuem.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.

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. Sennéchal, 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. Lejeusne, 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. Salvaggio 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. Stemmann, 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-Gerrey, 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. Moure, 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. Sviadan, 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. Dilmahamad, 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. Crespín, 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. Garçon, E. Sánchez-Gómez, H. C. Nnamchi, M. Drévilion, 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. Dibarboue, F. Dinessen, M. Drevillon, 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. Baharel, 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. Pinar 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. Fossi 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. Sénési, B. Decharme, A. Alias, M. Chevallier, J. Colin, J.-F. Guérémy, M. Michou, M.-P. Moine, P. Nabat, R. Roehrig, D. Salas y Mélia, R. Sférian, S. Valcke, I. Beau, S. Belamari, S. Berthet, C. Cassou, J. Cattiaux, J. Deshayes, H. Douville, C. Ethé, L. Franchistéguy, O. Geoffroy, C. Lévy, 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>