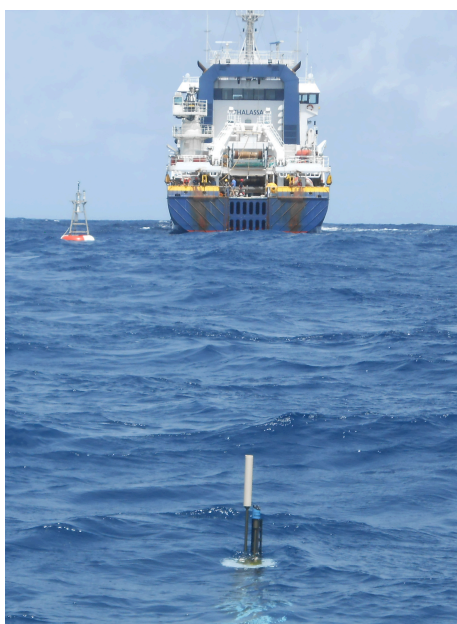


## Bilan Argo France 2022

Comité de Pilotage Argo-France



Réf. : AF-2023-BILAN2022

N. Kolodziejczyk, X. André, C. Cabanes, T. Carval, C. Coatanoan, F. D'Ortenzio, N. Lebreton, E. Leymarie, G. Maze, A. Poteau, P. -Y. Le Traon, C. Schmechtig, R. Sauzède, N. Poffa, S. Pouliquen, V. Thierry, J. Uitz

Date : 03/02/2023



## *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 2022. Des informations complémentaires sont disponibles dans le rapport AST 24 (20-24 Mars 2023, Halifax, Canada).

## Table des matières

<b>1. Équipes et programme</b>	<b>5</b>
<b>2. Opérations à la mer : CODEP</b>	<b>5</b>
2.1. Achats flotteurs	5
2.1.1. Composante T/S/O2	7
2.1.2. Composante Deep	7
2.1.3. Composante BGC	7
2.1.4. Composante T/S - RBR	7
2.2. Activités Déploiements	7
2.2.1. Monitoring de la flotte	8
<b>3. Gestion des données</b>	<b>8</b>
4.1. Base de données de Référence	9
4.2. Projets européens Argo-données	9
4.2.1. Argo Euro-Argo-RISE: développer l'observation océan in situ par flotteurs Argo	9
4.2.2. ENVRI-FAIR : connecter les ERICs à l'EOSC	9
4.2.3. EOSC-hub: construire le Blue Cloud européen pour la science	11
4.2.4. FAIR-EASE ( <a href="https://fairease.eu/">https://fairease.eu/</a> )	12
<b>5. Outils et produits</b>	<b>12</b>
5.1. ISAS global-T/S/O2-surface-fond	12
5.2. Nouvelle méthode DMQC basée sur l'Intelligence Artificielle	12
5.3. DMQC BGC	13
5.4. DMQC Core et Deep	15
5.5. Trajectoires	15
5.6. Outils collaboratifs	16
5.7. Ocean state report	17
ICES North Atlantic Ocean State Report (IROC)	17
<b>6. Recherche</b>	<b>18</b>

6.1. Publications marquantes	18
6.2. Faits marquants	18
6.2.1. Projet H2020 Euro-Argo-RISE	18
6.2.2. Projets ObsOcéan-Piano-Argo 2030	19
<b>7. Coordination scientifique et animation</b>	<b>19</b>
7.1. Coordination scientifique	19
7.2. Animation scientifique	19
7.3. Veille bibliographique	19
7.4. Activité de médiation scientifique	19
<b>Annexe : Bibliographie Argo-France</b>	<b>21</b>

## 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 assuré en 2022 :

- la préparation et le déploiement de 78 flotteurs
- 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 (A-ARC, Atlantic Argo Regional Center).
- Argo-France s'est également occupé du traitement en temps-réel des flotteurs BGC-Argo de la flotte française attribués par le GMMC.

En 2022, les partenaires Argo-France ont vu le démarrage officiel des trois gros projets d'investissement (kickoff meeting 17-18 janvier 2022, première réunion des partenaires 29-30 septembre 2022) visant à consolider le réseau Argo Core et développer les extensions BGC et Deep de la contribution de Argo-France au programme Argo:

- Le projet d'Investissement Exceptionnel Ifremer (PIE) PIANO
- Le CPER Bretagne ObsOcean - Volet Argo
- Le Plan d'Investissement d'Avenir (PIA3) Equipex+ Argo2030 (ANR)

En 2022, les partenaires Argo-France ont continué à représenter la France dans les instances internationales (AST23 et ADMT23: <https://argo.ucsd.edu/> ) et européennes (ERIC Euro-Argo, Management Board et Council).

En 2022, les partenaires Argo France ont participé au meeting Argo Science Workshop 7 organisée par Euro-Argo s'est tenu à Bruxelles, Belgique du 11 au 13 octobre 2022.

En 2022, la France a continué d'opérer le DAC et le GDAC Coriolis (Centre de données Global Argo): <https://archimer.ifremer.fr/doc/00808/92009/>

Enfin 2022, le comité de pilotage d'Argo France s'est élargi afin d'accueillir de nouveaux membres : Julia Uitz (IMEV) et Edouard Leymarie (IMEV) pour venir renforcer le volet BGC. Claire Gourcuf (Euro-Argo/Co-chair ADMT) et Romain Cancouet (Euro-Argo) sont invités au comité de pilotage comme observateurs pour le lien avec Euro-Argo, et la préparation des réunions ADMT et AST.

## 2. Opérations à la mer : CODEP

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

### 2.1. Achats flotteurs

En 2022 le financement CPER Bretagne étant absent, il n'y a pas eu d'upgrades de TS en O2 ou en Deep financés par ce biais. Le groupement d'achats SHOM/IFREMER a ainsi permis l'achat de **43 flotteurs** se

décomposant comme suit :

- TS : **15 Arvor TS SBE** (6 SHOM et 9 Ifremer) et **15 Arvor RBR** (6 SHOM et 9 Ifremer)
- DEEP : **13 Deep O2** (Ifremer)

### 2.1.1. Composante T/S/O2

En l'absence de financement CPER Bretagne en 2022, aucun Arvor O2 n'a été acheté.

### 2.1.2. Composante Deep

13 Deep Arvor ont été achetés sur crédits TGIR, en raison des délais de fabrication, seuls 4 flotteurs ont été testés et 3 validés suite aux essais caisson/bassin en 2022.

### 2.1.3. Composante BGC

Aucun flotteur BGC n'a été acheté en 2022.

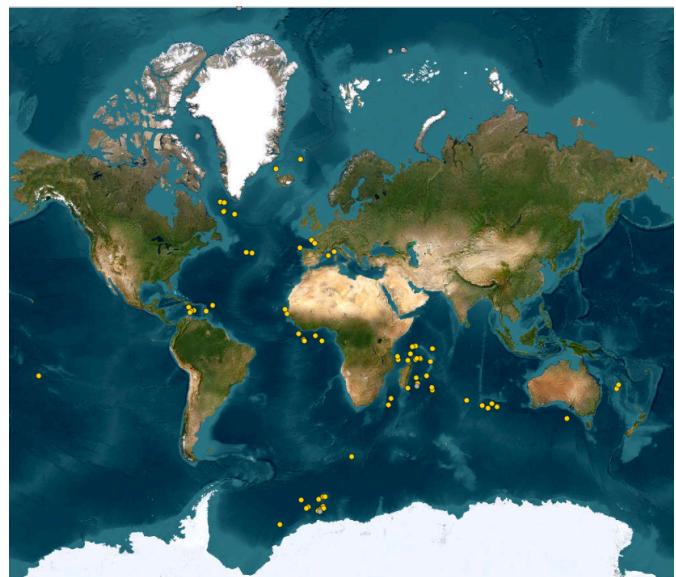
### 2.1.4. Composante T/S - RBR

6 Arvor RBR ont été achetés sur crédits 2021 et déployés en 2022. En 2022, 15 soit 50% des flotteurs TS achetés sont équipés de CTD RBR. Ils sont prévus au déploiement en 2023.

## 2.2. Activités Déploiements

78 flotteurs ont été déployés en 2022; on totalise 45 T/S Core, 3 T/S/O2, 17 BGC (CTS4, CTS5 et CTS5 ECO) et 13 Deep. 2 Arvor-C ont aussi été déployés dans le Golfe de Gascogne (non comptabilisés ici).

Plus de la moitié des flotteurs ont été déployés sur des campagnes affiliées aux projets GMMC, on comptabilise aussi des déploiements SHOM (SHOMAN), le transit valorisé de l'ANTEA, des partenariats avec Euro-Argo et quelques déploiements d'opportunité. Les supports de déploiement sont variés; navires de la FOF, navires d'instituts partenaires, navires de croisière (PONANT), et voiliers.



En 2022, la mise à jour du document de stratégie de déploiement Argo France a été publiée. Elle inclut les nouvelles recommandations de l'AST ainsi que la stratégie de déploiement pour les flotteurs BGC. Ce document est un support de recommandation pour le comité scientifique GMMC et la communauté Argo France:

Kolodziejczyk N., Andre X., Carval T., Claustre H., D'Ortenzio F., Lebreton N., Le Traon P.-Y., Maze G., Poffa N., Pouliquen S., Poteau A., Schmechtig C., Sauzede R., Thierry V. (2022). *National Strategy for Argo Global Network Profiling floats Deployments of Opportunity*. Comité de pilotage Argo-France/Argo-France Steering Committee. AF-2019-DEP-STRAT. <https://doi.org/10.13155/59297>

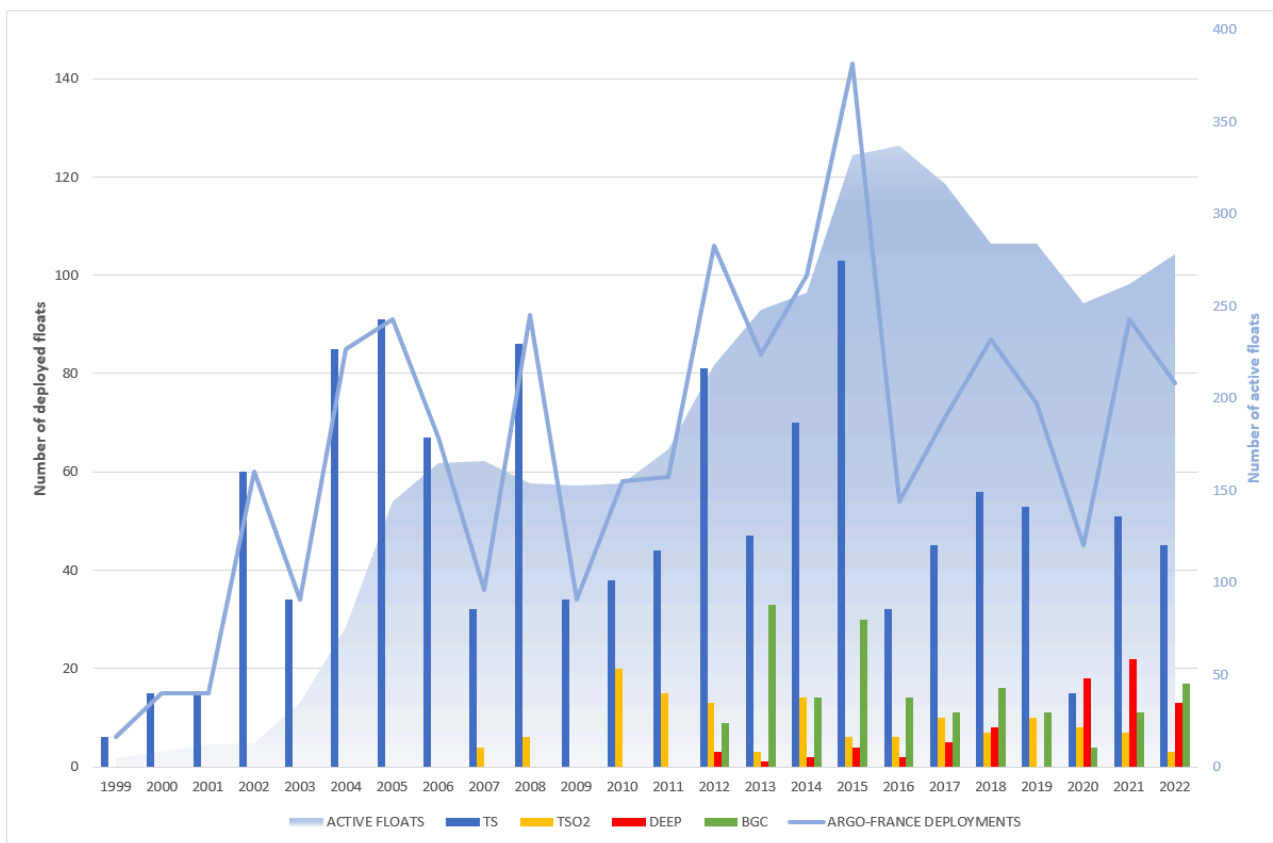
### 2.2.1. Monitoring de la flotte

A ce jour (janvier 2023), sur les 78 flotteurs déployés en 2022 :

- 70 sont actifs
- 6 sont sous la glace (déploiements en baie de Baffin et GMMC SO-CHIC en Antarctique et ARCTICGO au pôle Nord)
- 2 DEEP ont disparu sans raisons identifiées après seulement un seul cycle transmis.

La flotte française opérationnelle début 2022 est composée à 69% d'ARVOR T/S, 14% de DEEP, 7% d'T/S/O2 et 10% de BGC. On peut aussi ajouter 2 Arvor côtiers achetés par le Shom et décodés et traités par le centre de données Coriolis.

53 flotteurs français ont disparu en 2022, principalement dû à l'épuisement des batteries. Ces flotteurs disparus montrent une moyenne de 206 cycles et 3.7 ans de fonctionnement à la mer.



Evolution des déploiements et de la flotte Argo-France opérationnelle de 1999 à 2022

## 3. Gestion des données

### 4. DAC/GDAC



Un rapport détaillé de l'activité gestion de donnée du DAC/GDAC Coriolis pour l'ADMT23 est disponible : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00808/92009/>

## 4.1. Base de données de Référence

Fin 2021, la version 2021\_V02 a été mise à disposition sur le site ftp. Dans le but d'améliorer cette version, le travail effectué dans le cadre d'EA-Rise va permettre de fournir des mises à jour locales effectuées pour les hautes latitudes (Arctique et Océan Austral (secteur Atlantique)), la Mer Méditerranée, et la Mer Baltique. Pour les hautes latitudes notamment, quelques mises à jour ont été faites à partir de UDASH et ICES ainsi qu'un changement du critère de sélection des données (limite de pression de 900 dbar à 700 dbar pour considérer les courants de bord) pour la zone Arctique, et pour le nettoyage de l'Océan Austral des mises à jour PANGEA ont également été faites. Pour la mer Méditerranée, des données ont été collectées auprès d'instituts de recherche au niveau régional et auprès des principaux services maritimes européens. Pour la mer Baltique, différents critères sont utilisés en raison de la configuration particulière de cette zone. Les données d'ICES et de Helcom (FMI) sont collectées pour la base de données de référence ainsi que pour l'amélioration des statistiques min/max. La préparation de la base de données de référence officielle est actuellement en cours au BSH.

Dans la prochaine version, en complément des mises à jour EA-Rise, les données collectées lors de 2 mises à jour de WOD en 2022, les données des scientifiques, les données confidentielles et publiques du CCHDO (nouvelle procédure d'échange des données confidentielles avec un owncloud) seront ajoutées. Au cours des deux prochains mois, un travail avec Ingrid Benavides (BSH) sera effectué pour récupérer les boîtes de données CTD sur lesquelles des améliorations ont été apportées. La nouvelle version devrait être livrée au printemps prochain.

## 4.2. Projets européens Argo-données

### 4.2.1. Argo Euro-Argo-RISE: développer l'observation océan in situ par flotteurs Argo

Le projet Euro-Argo Rise s'est terminé en Décembre 2022, voici résultats détaillés sont résumés ici: <https://www.euro-argo.eu/EU-Projects/Euro-Argo-RISE-2019-2022/Overview>

### 4.2.2. ENVRI-FAIR : connecter les ERICs à l'EOSC

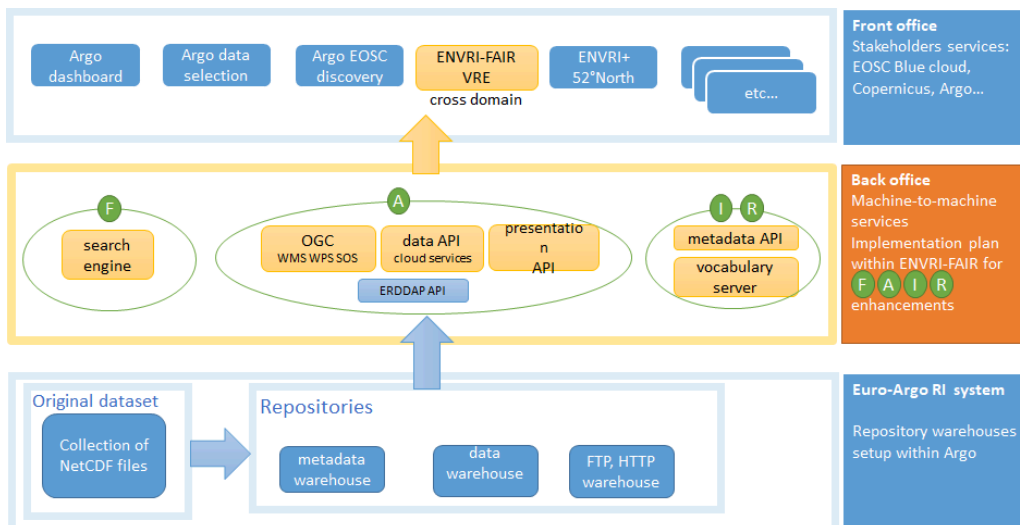
L'Europe soutient significativement la "Fairtitude" des infrastructures données de recherches (ERIC).

L'objectif est de contribuer à l'EOSC (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)

Les services de découverte et accès aux données Argo développés dans le cadre d'ENVRI-FAIR

- OpenSearch API
  - <https://opensearch.ifremer.fr/granules.atom>
  - [Exemple de requête](#)
- Metadata API
  - <https://fleetmonitoring.euro-argo.eu/swagger-ui.html#/>
  - [Argo floats dashboard](#)
- Data API
  - <https://dataselection.euro-argo.eu/swagger-ui.html#/>
  - [Argo data subsetting](#)
- ERDDAP API
  - <http://www.ifremer.fr/erddap/index.html>
  - [Exemple de requête](#)

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

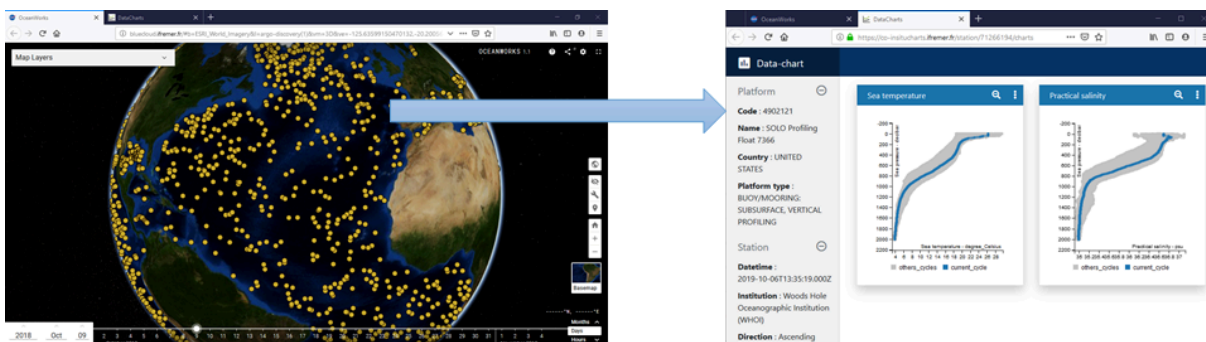
EOSC-Hub est un projet destiné à la mise en place de l'infrastructure technique du cloud pour la science européenne. Le centre de données Coriolis est impliqué via Argo dans le WP8.3 "Marine competence centre" dont les deux tâches principales sont:

- 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>



#### 4.2.4. FAIR-EASE (<https://fairease.eu/>)

FAIR-EASE participe à la mise en place de l'infrastructure technique du cloud pour la science européenne. Le SNO Argo-France est impliqué via Argo dans différents WPs, dont le WP5 à travers le "Use Case 5.2.1 Ocean Bio-Geochemical Observation Pilot", pour lequel il a été proposé de développer une interface pour qualifier, calibrer et valider les données de biogéochimie, notamment les données de flotteurs BGC-Argo.

## 5. Outils et produits

### 5.1. ISAS global-T/S/O2-surface-fond

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

Kolodziejczyk Nicolas, Prigent-Mazella Annaig, Gaillard Fabienne (2021). **ISAS temperature and salinity gridded fields**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/52367>

La dernière version de l'outil ISAS V8 est désormais mise à disposition des utilisateurs (forge Ifremer/sur demande). 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 (CCHDO, ICES, ...). La nouvelle configuration ISAS17 a été développée en 2020. Cette version permet d'étendre la série temporelle de champs de mesures CTD T/S en DM interpolés mensuellement de 2002 à 2017. La nouvelle configuration ISAS20 incluant seulement les données Argo entre 2002 et 2020 à également été publiée. Il est à noter que toutes les configurations d'ISAS disponibles depuis 2013 sont désormais rassemblées sur l'unique doi: <https://doi.org/10.17882/52367>.

L'échantillonnage des mesures d'oxygène dissous du réseau global OneArgo (Core+BGC+Deep) ne permet pas encore de produire des champs mensuels interpolés consistant. En 2022, des climatologies annuelles et mensuelles regroupant les 10 ans de données O2 disponibles en Delayed Mode ont été développées et sont en cours de validation. Elles seront distribuées en 2023.

### 5.2. Nouvelle méthode DMQC basée sur l'Intelligence Artificielle

Un CDD (Andrea Garcia Juan) a été embauché de mai à septembre 2021 pour parachever le développement d'une méthode dans le cadre du projet Euro-Argo-RISE. La méthode "DMQC-PCM" est une nouvelle étape proposée dans les procédures de contrôle de qualité impliquant la sélection de données de référence. Elle est basée sur les modèles de classification de profils (PCM), une méthode d'apprentissage automatique pour identifier les structures récurrentes dans une collection de profils verticaux océaniques. Elle a été appliquée dans l'Atlantique Nord, l'océan Austral, l'océan Indien, la mer d'Amundsen et la mer Méditerranée ([Maze et al. 2017](#), [Maze et al 2017b](#), [Jones et al. 2019](#), [Rosso et al. 2020](#), [Thomas et al 2021](#),

[Boehme et al, 2021](#), [Sambe et al, 2022](#), [Li et al, 2022](#)).

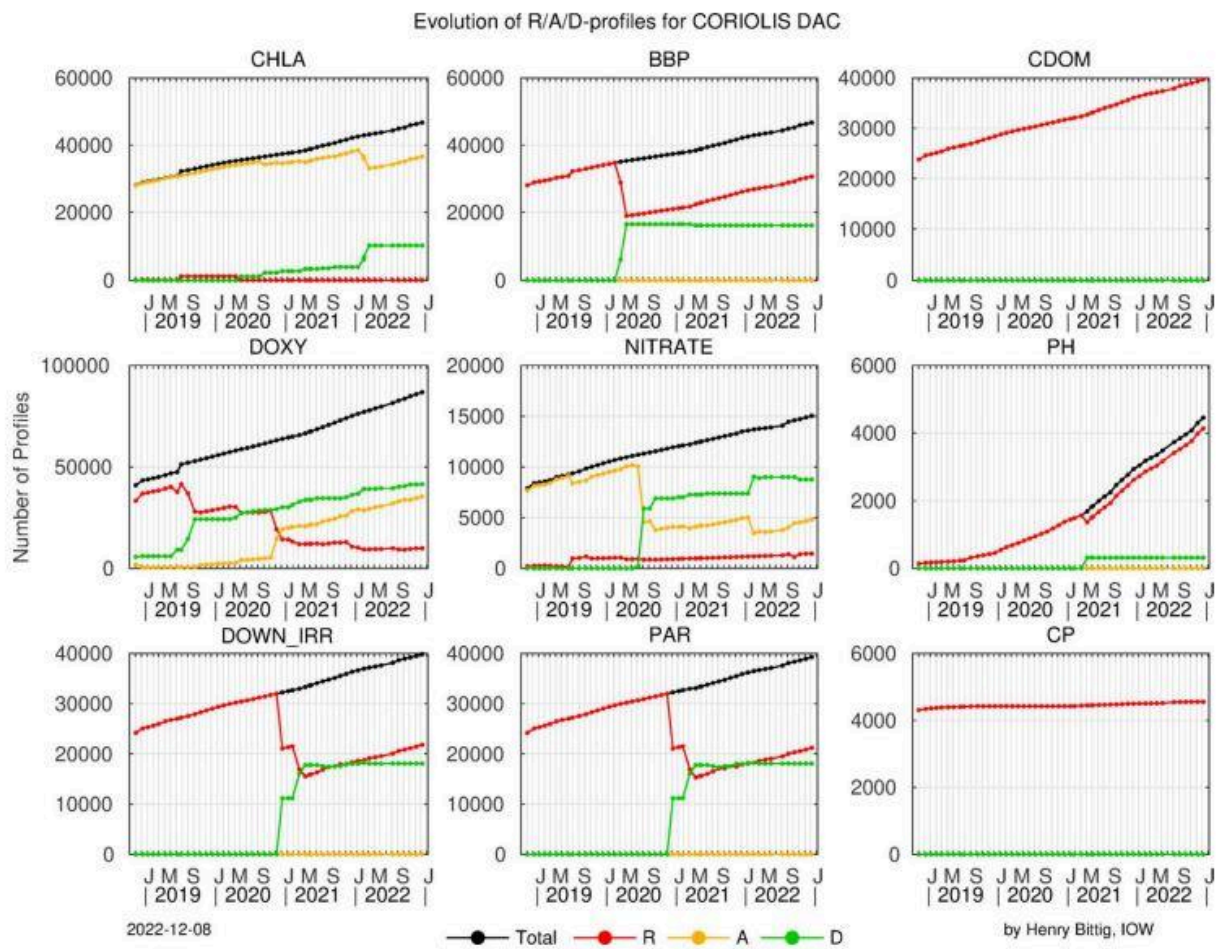
L'idée de la procédure DMQC-PCM est d'utiliser un classifieur type PCM pour organiser et sélectionner de manière plus appropriée les données de référence pour le contrôle qualité des mesures des flotteurs Argo. En pratique, un PCM est entraîné sur des profils de référence, puis ce PCM est utilisé pour classer les profils à valider. Par la suite, seuls les profils de référence réduites/sous-échantillonnées à celles appartenant à la même classe que les profils à valider sont utilisés pour calculer les statistiques de référence.

Au cours du projet EA-RISE, une preuve de concept a été développée pour étudier les performances et les caractéristiques de la procédure. Deux notebooks Jupyter peuvent être exécutés pour créer un PCM et fournir des données de classification à utiliser dans la procédure d'étalonnage de la salinité OWC. Des versions augmentées des logiciels Matlab et Python d'OWC ont été écrites sous le repo [DMQC-PCM](#) et sont désormais disponibles pour la communauté à des fins de test. D'autres développements auront lieu sur le repo [euroargodev DMQC-PCM](#).

BODC a implémenté la procédure DMQC-PCM dans le cadre des activités du SOARC avec des résultats encourageants.

### 5.3. DMQC BGC

La figure ci-dessous illustre notamment que la méthode développée en 2021, dans le cadre du projet EA-RISE pour le Delayed mode de la chlorophyll-A a été appliquée à environ 10000 profils (Méditerranée). Cette méthode a été également appliquée en aveugle à une majorité de flotteurs (de toute nationalité) pour montrer qu'elle pouvait s'appliquer de manière globale (que les flotteurs soient équipés ou non de radiomètre). La validation de cette méthode sur tous les flotteurs a été présentée à l'ADMT23 (notamment avec une réduction de la MAPD de 160% à 34% au sud de 45°S). Cette méthode a pu être appliquée à l'échelle globale grâce au développement courant 2022 d'une nouvelle méthode basée sur un réseau de neurones et nommée SOCA-light qui permet d'estimer des profils radiométriques synthétiques pour les flotteurs qui ne sont pas équipés de radiomètres (Renosh et al., in prep.).



Évolution du nombre de profils délivrés en temps réel (R pour Real time en rouge), ajustés en temps réel (A pour Adjusted en orange) et ajustés en temps différé (D pour Delayed mode en vert) pour le DAC coriolis.

Une nouvelle méthodologie a été proposée à l'ADMT23 pour déterminer la qualité de l'ensemble des données BGC-Argo de CHLA par rapport aux données de référence issues de l'HPLC. Cette validation par rapport à l'HPLC est nécessaire et cruciale car la validation souvent utilisée par rapport aux données satellitaires de chlorophylle n'est représentative que de la couche superficielle de l'océan et les données satellitaires ont leurs propres biais. Pour cela nous avons développé une méthode de machine learning qui peut être utilisée comme un extrapolateur de l'ensemble de données BGC-Argo à l'emplacement et au moment des données de référence HPLC ce qui permet d'obtenir une nouvelle validation par rapport aux données de référence à l'échelle mondiale. Grâce à cette méthodologie, nous avons comparé le jeu de données BGC-Argo CHLA\_ADJUSTED disponible actuellement auprès du GDAC et le BGC-Argo CHLA\_ADJUSTED corrigé en mode différé à partir de la méthode présentée par C. Schmechtig. Ceci a pu montrer que l'utilisation du nouveau jeu de données DM permet de diminuer l'erreur par rapport au jeu de données de référence HPLC globalement et plus particulièrement dans l'océan Austral où la correction du facteur de pente est connue pour avoir un impact important.

L'audit du BBP accessible en ligne ([ftp://ftp.mbari.org/pub/BGC\\_argo\\_audits/BBP700](ftp://ftp.mbari.org/pub/BGC_argo_audits/BBP700)) depuis Juin 2021 a été mis à jour en octobre 2022. Le rapport des anomalies a été envoyé à la mailing liste Argo. Les résultats de cet audit ont été présentés lors de l'ADMT23. L'audit est proposé grâce à la comparaison des mesures du BBP avec des données de référence qui correspondent aux champs climatologiques hebdomadaires du BBP. La mise à jour de l'audit a permis d'inspecter en 2022 un total de ~75 000 profils de BBP700. Il y a 10 000 profils de plus qu'en 2021. Parmi les profils inspectés, 1 100 profils ont été signalés comme anormaux (1,5% des données contre 3% pour l'année dernière). Les listes d'exclusion des dacs aoml et coriolis ont été prises en compte.

#### 5.4. DMQC Core et Deep

Le SNO Argo-France participe à un groupe de travail international chargé d'établir et de documenter la procédure de traitement temps différé des flotteurs Deep Argo. En particulier, une procédure pour corriger un biais dépendant de la pression et lié au terme de compressibilité (CpCor) a été établie et un code a été mis à disposition: [https://github.com/ArgoDMQC/DM\\_Cpcor](https://github.com/ArgoDMQC/DM_Cpcor). Cette année, nous avons montré que le coefficient CpCor dépendait du lot de flotteurs considéré. Une mise à jour de la procédure DMQC des flotteurs deep a été présentée lors de l'ADMT23

Le SNO Argo-France participe également à un groupe de travail international chargé de suivre le problème des dérives abruptes de salinité (ASD), qui est apparu sur des capteurs SBE manufacturés depuis 2014. En effet, il y a une proportion plus importante de capteurs qui sont sujets à des dérives en salinité prématurées et dont les données deviennent rapidement inexploitable. Le SNO Argo-France a participé à la rédaction d'un papier (Wong et al, 2023) décrivant le biais en salinité dans le jeu de données brut d'Argo et validant le jeu de données en temps différé afin de quantifier les erreurs résiduelles et les variations régionales des incertitudes sur la salinité. Ce papier a été accepté à Earth System Science Data (ESSD).

Dans le cadre de l'ARC Atlantique, des analyses de la cohérence des corrections des salinités en temps différé sont régulièrement menées. Cette année, ces analyses ont montré qu'environ 20 flotteurs de cette région présentaient des corrections douteuses. Il est prévu de coordonner ces analyses à celles réalisées à l'échelle globale (audit A. Wong et J. Gilson), la comparaison des résultats ayant montré que ces analyses sont complémentaires.

Une nouvelle méthode pour la sélection de données de référence et l'estimation de dérive de salinité basée sur la classification non-supervisée de profils a été développée dans le cadre de EARISE ([cf deliverable ici](#)). La méthode et une procédure ont été développées et sont maintenant disponibles ([voir DMQC-PCM](#)). Elles seront testées au LOPS en 2022.

#### 5.5. Trajectoires

En collaboration avec Coriolis et le SOERE-CTDO2, le SNO Argo-France contribue également aux travaux de validation des trajectoires des flotteurs Argo et les mises à jour du produit ANDRO (Atlas des trajectoires Argo). Une mise à jour sur la période 2010-2020 incluant les flotteurs des DACs AOML a été publiée en 2022. L'atlas Andro ainsi que la climatologie binnée sur une grille ISAS (0.5°x 0.5°) des vitesses de déplacement des flotteurs au DOI:

Ollitrault Michel, Rannou Philippe, Brion Emilie, Cabanes Cecile, Reverdin Gilles, Kolodziejczyk Nicolas (2022). **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 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 courant 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 données 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 données Coriolis et permettra la distribution des données de trajectoire en Real Time avec des QC en Temps Real.

## 5.6. Outils collaboratifs

Le projet Euro-Argo-RISE a mis en œuvre un cadre collaboratif de travail pour toute la communauté Argo. Les outils collaboratifs sont disponibles sur [github.com/euroargodev](https://github.com/euroargodev). Cet outil collaboratif continue d'être développé au LOPS et est de plus en plus utilisé pour la communauté Argo-France, notamment BGC et ADMT.

### Accès aux données Argo



Dans le cadre d'Euro-Argo-RISE, la France travaille à l'amélioration de l'accès aux données Argo, en particulier pour les utilisateurs non-experts. Pour cela, le LOPS a développé une librairie python de haut niveau qui fournit un accès simplifié à toutes les données Argo. Il s'agit d'argopy, disponible ici: <https://argopy.readthedocs.io>

Ce logiciel continue de faire l'objet de mise à jour régulière.

### 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, seul 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. La finalisation de l'accès aux données bateaux devrait se faire en 2023 grâce à l'arrivée d'Enzo Pauvy à ISI.

En 2021, une base de référence de CTD (version 2021V01) a été mise à jour avec le produit GO-SHIP Easy-Ocean dans le cadre du temps différé des Deep Argo. Ces données peuvent être retrouvées dans le jeu de CTD avec le paramètre QCLEVEL (alors égal à GSD pour GO-SHIP Deep Argo).

### **Simulateur de flotte Argo**

Dans le cadre d'Euro-Argo-RISE, le LOPS a développé un logiciel de simulation de flotte Argo "[VirtualFleet](#)". 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. Une première version relativement stable sera publiée début 2023.

### **DMQC cookbook**

Après le 1er DMQC workshop Euro-Argo en 2018, il a été décidé de créer un cookbook en ligne contenant le matériel de préparation du workshop. Ce cookbook, rédigé par les experts du workshop, contient des informations pratiques pour réaliser le DMQC et prendre des décisions. Il comprend en particulier des études de cas qui illustrent des problèmes complexes de DMQC et fournissent des lignes directrices pour corriger ou flagger de façon appropriée les mesures Argo.

La première version du core-Argo DMQC cookbook, finalisé en 2021 est disponible ici : <http://www.argodatamgt.org/Documentation> (section Cookbooks, Core Argo)

## *5.7. Ocean state report*

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

Comme chaque année, en 2022, le SNO Argo-France contribue et assemble la contribution française au rapport ICES (IROC) sur l'état de l'océan Atlantique Nord en 2021. Les champs de température et salinité ISAS sont utilisées dans le cadre de cet "Ocean State Report" ([www.ices.dk](http://www.ices.dk)):

Kolodziejczyk Nicolas, Desbruyeres Damien (2022). **Contribution to the ICES Report on Ocean Climate : North Atlantic Ocean in 2021**. National report: France, May 2022. LOPS-WGOH-2022-05.

## 6. Recherche

### 6.1. Publications marquantes

Desbruyères, D. G., Bravo, E. P., Thierry, V., Mercier, H., Lherminier, P., Cabanes, C., Biló T. C., Fried N., and de Jong M. F. (2022). Warming-to-cooling reversal of overflow-derived water masses in the Irminger Sea during 2002–2021. *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL098057. <https://doi.org/10.1029/2022GL098057>

Feucher, C., E. Portela, N. Kolodziejczyk, and Thierry, V.: Recent Irminger Sea oxygenation explained by subpolar gyre decadal variability. *Communication Earth and Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00570-y>

Llovel, W., N. Kolodziejczyk, T. Penduff, J. P. Molines., and S. Close: Intrinsic ocean variability in decadal regional sea level and ocean heat content trends using synthetic profiles. *Environ. Res. Lett.* 17 044063. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5f93>

Sevellec, F., A. Colin de Verdière, N. Kolodziejczyk: Estimation of horizontal turbulent diffusivity coefficients from deep Argo float displacements. *Journal of Physical Oceanography*. 1509–1529. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-21-0150.1>

Barbieux, M., Uitz, J., Mignot, A., Roesler, C., Claustre, H., Gentili, B., Taillandier, V., D'Ortenzio, F., Loisel, H., Poteau, A., Leymarie, E., Penkerch, C., Schmechtig, C., Bricaud, A. (2022). Biological production in two contrasted regions of the Mediterranean Sea during the oligotrophic period: An estimate based on the diel cycle of optical properties measured by BGC-Argo profiling floats. *Biogeosciences Discuss.* 2021: 1-74 | <https://bg.copernicus.org/articles/19/1165/2022/>

N, Cornec M, Claustre H, Duhamel S (2022) Biogeographical Classification of the Global Ocean From BGC-Argo Floats. *Global Biogeochem Cy* 36. doi: 10.1029/2021GB007233

### 6.2. Faits marquants

#### 6.2.1. Projet H2020 Euro-Argo-RISE

Le 29 et 30 novembre 2022, le meeting final EARISE s'est tenu à Brest. Des présentations ont été faites sur les avancées de la chaîne de traitement coriolis en temps réel. La chaîne est à jour avec toutes les recommandations Argo (Ajustement temps réel de la CTD RBR, ajustement temps réel Cpcor pour les flotteurs deep). Pour la partie BGC, la mise en place du QC temps réel du BBP est en cours à Coriolis et la mise en place de l'ajustement en temps réel de DOXY permet de n'avoir plus que 10% des profils qui ne sont pas ajustés en temps réel. De nombreuses avancées ont également été faites sur la définition des procédures de delayed-mode pour le BGC, notamment sur la radiométrie et sur la Chlorophyll-A.

### 6.2.2. Projets ObsOcéan-Piano-Argo 2030

La communauté du SNO a été leader dans l'élaboration de 3 projets d'envergure pour Argo, financés, et qui ont démarré en 2021. Le kickoff meeting des trois projets s'est déroulé le 17-18 janvier 2022

(<https://www.argo-france.fr/Actualites-et-reunions/Meetings/Kick-off-meeting-des-projets-Argo-2030-PIE-PIANO-et-CPER-ObsOcean>).

## 7. Coordination scientifique et animation

### 7.1. Coordination scientifique

Le comité de pilotage d'Argo-France s'est réuni à 5 reprises en 2022 pour préparer les meetings internationaux, analyser les plans de déploiements et suivre les dossiers en cours (GMMC, CPER EURO-ARGO).

### 7.2. Animation scientifique

En 2022, le meeting annuel de l'AST (Argo Steering Team) a été accueilli à Monaco pendant la Monaco Ocean Week du 21 – 25 March 2022. L'accueil a été organisé par les partenaires Argo France à l'IMEV/LOV.

En 2022, la réunion du ForumDMQC#4 Argo s'est tenu au mois d'octobre et a porté sur les procédures DMQC concernant les flotteurs core, les problème d'inversion sur les profileurs HR et les flotteurs dit "problématiques" (expertise difficile, manque de données de référence). Ce forum permet de partager, discuter, homogénéiser et coordonner le DMQC au sein de la communauté nationale. Un forum web de discussion est mis en place afin de consolider la communauté et de mieux partager les retours d'expériences et problèmes rencontrés sur le DMQC. Cette démarche s'inscrit dans un niveau d'intégration plus large, notamment européen et le projet Euro-Argo-RISE (WP2): <https://github.com/euroargodev/publicQCforum>.

Les présentations et documents lié au ForumDMQC#4 sont disponibles ici:

<https://drive.google.com/drive/folders/1dqT1oEDiDEChKYIvVfrINCa8Ff1ZfD0M?usp=sharing>

Dans le cadre du programme EARISE, Kamila Walicka et Violetta Paba du DAC BODC sont venues passer trois jours à Villefranche-sur-mer pour échanger sur la mise en place du Delayed Mode BGC au sein de leur DAC.

### 7.3. Veille bibliographique

Un total de **42 articles** de recherche ont été co-écrits par des auteurs affiliés à un laboratoire français, **3 thèses** utilisant des données Argo ont été soutenues dans une université française. La liste de publications est fournie en annexe de ce document.

#### 7.4. *Activité de médiation scientifique*

- En 2022, Argo France était présent à l'université d'été Mer&Education (formation interdisciplinaire des enseignants du second degré; <https://nouveau.univ-brest.fr/mer-education/>) pour présenter la technologie Argo.
- Grandes retombées médiatiques suite au communiqué de presse du Kick-Off meeting des 3 projets structurants Argo (Argo-2030, PIANO et ObsOcean) France Inter, France Culture, Reportage France 3 Bretagne, 22/01/2022, France-Bleu BreizhIzel et Armorik (22/01/2022, Invité de 7h45: "Le programme Argo"), Le Figaro, Armen.
- Lors de l'année scolaire 2021-2022, près de 900 élèves « *Ocean Voyagers* » de 40 classes (de la maternelle jusqu'au lycée) de France Métropolitaine ont participé au programme éducatif adopt a float. Ainsi, une quinzaine de flotteurs profileurs BGC Argo, Argo TS et Deep Argo ont été co-adoptés dans différentes régions de l'océan mondial et ont permis aux élèves et leurs équipes pédagogiques d'être initiés aux sciences marines et à l'Océan. Cette année scolaire a été rythmée par des rencontres et interventions en classes avec une quarantaine de scientifiques et médiateurs scientifiques activement impliqués de l'Institut de la Mer de Villefranche et de l'Ifremer de Plouzané. Cette collaboration IMEV-Ifremer permet depuis 2021 d'augmenter le nombre de scientifiques impliqués, de classes et de territoires touchés. Pour la nouvelle année scolaire 2022-2023, adopt a float double ses effectifs avec près de 80 classes inscrites de France Métropolitaine, mais aussi de Martinique, de l'île de la Réunion, des Seychelles et de l'île Maurice grâce notamment à l'expédition dans l'océan Indien dirigée par Les Explorations de Monaco durant laquelle des flotteurs profileurs BGC Argo ont été déployés et adoptés.

## Annexe : Bibliographie Argo-France

### Peer reviewed (42):

1. Barbieux, M., et al. (2022), Biological production in two contrasted regions of the Mediterranean Sea during the oligotrophic period: an estimate based on the diel cycle of optical properties measured by BioGeoChemical-Argo profiling floats, *Biogeosciences*, 19(4), 1165-1194, doi: <https://doi.org/10.5194/bg-19-1165-2022>
2. Bennani, Y., A. Ayouche, and X. Carton (2022), 3D Structure of the Ras Al Hadd Oceanic Dipole, *Oceans*, 3(3), 268-288, doi: <https://doi.org/10.3390/oceans3030019>
3. Bock, N., M. Cornec, H. Claustre, and S. Duhamel (2022), Biogeographical Classification of the Global Ocean From BGC-Argo Floats, *Glob. Biogeochem. Cycle*, 36(6), e2021GB007233, doi: <https://doi.org/10.1029/2021GB007233>
4. Bonelli, A. G., H. Loisel, D. S. F. Jorge, A. Mangin, O. F. d'Andon, and V. Vantrepotte (2022), A new method to estimate the dissolved organic carbon concentration from remote sensing in the global open ocean, *Remote Sens. Environ.*, 281, 113227, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113227>
5. Bruyant, F., et al. (2022), The Green Edge cruise: investigating the marginal ice zone processes during late spring and early summer to understand the fate of the Arctic phytoplankton bloom, *Earth Syst. Sci. Data*, 14(10), 4607-4642, doi: <https://doi.org/10.5194/essd-14-4607-2022>
6. Capet, A., G. Taburet, E. Mason, M. I. Pujol, M. Grégoire, and M.-H. Rio (2022), Using Argo Floats to Characterize Altimetry Products: A Study of Eddy-Induced Subsurface Oxygen Anomalies in the Black Sea, *Frontiers in Marine Science*, 9, doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.875653>
7. Chen, J., A. Cazenave, C. Dahle, W. Llovel, I. Panet, J. Pfeffer, and L. Moreira (2022), Applications and Challenges of GRACE and GRACE Follow-On Satellite Gravimetry, *Surveys in Geophysics*, 43(1), 305-345, doi: <https://doi.org/10.1007/s10712-021-09685-x>
8. Chen, Y., S. Speich, and R. Laxenaire (2022), Formation and Transport of the South Atlantic Subtropical Mode Water in Eddy-Permitting Observations, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(1), e2021JC017767, doi: <https://doi.org/10.1029/2021JC017767>
9. Chenal, J., B. Meyssignac, A. Ribes, and R. Guillaume-Castel (2022), Observational Constraint on the Climate Sensitivity to Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentrations Changes Derived from the 1971–2017 Global Energy Budget, *J. Clim.*, 35(14), 4469-4483, doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0565.1>

10. Cheng, L., et al. (2022), Past and future ocean warming, *Nature Reviews Earth & Environment*, doi: <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00345-1>
11. Desbruyères, D. G., E. P. Bravo, V. Thierry, H. Mercier, P. Lherminier, C. Cabanes, T. C. Biló, N. Fried, and M. Femke De Jong (2022), Warming-to-Cooling Reversal of Overflow-Derived Water Masses in the Irminger Sea During 2002–2021, *Geophys. Res. Lett.*, 49(10), e2022GL098057, doi: <https://doi.org/10.1029/2022GL098057>
12. Feucher, C., E. Portela, N. Kolodziejczyk, and Thierry, V.: Recent Irminger Sea oxygenation explained by subpolar gyre decadal variability. *Communication Earth and Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00570-y>
13. Fourier, M., L. Coppola, F. D’Ortenzio, C. Migon, and J.-P. Gattuso (2022), Impact of Intermittent Convection in the Northwestern Mediterranean Sea on Oxygen Content, Nutrients, and the Carbonate System, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(9), e2022JC018615, doi: <https://doi.org/10.1029/2022JC018615>
14. Galí, M., M. Falls, H. Claustre, O. Aumont, and R. Bernardello (2022), Bridging the gaps between particulate backscattering measurements and modeled particulate organic carbon in the ocean, *Biogeosciences*, 19(4), 1245-1275, doi: <https://doi.org/10.5194/bg-19-1245-2022>
15. Grodsky, S. A., N. Reul, A. Bentamy, and D. Vandemark (2022), Eastward propagating surface salinity anomalies in the tropical North Atlantic, *Remote Sensing Letters*, 13(4), 334-342, doi: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2022.2032452>
16. Ioannou, A., S. Speich, and R. Laxenaire (2022), Characterizing Mesoscale Eddies of Eastern Upwelling Origins in the Atlantic Ocean and Their Role in Offshore Transport, *Frontiers in Marine Science*, 9, doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.835260>
17. Johnson, G. C., S. Hosoda, S. R. Jayne, P. R. Oke, S. C. Riser, D. Roemmich, T. Suga, V. Thierry, S. E. Wijffels, and J. Xu (2022), Argo—Two Decades: Global Oceanography, Revolutionized, *Annual Review of Marine Science*, 14(1), 379-403, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-022521-102008>
18. Li, K., G. Maze, and H. Mercier (2022), Ekman Transport as the Driver of Extreme Interannual Formation Rates of Eighteen Degree Water, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(1), e2021JC017696, doi: <https://doi.org/10.1029/2021JC017696>
19. Liu, Y., D. G. Desbruyères, H. Mercier, and M. A. Spall (2022), Observation-Based Estimates of Eulerian-Mean Boundary Downwelling in the Western Subpolar North Atlantic, *Geophys. Res. Lett.*, 49(8), e2021GL097243, doi: <https://doi.org/10.1029/2021GL097243>
20. Llovel W., N. Kolodziejczyk, S. Close, T. Penduff, J.-M. Molines and L. Terray, Imprint of intrinsic ocean variability on decadal trends of regional sea level and ocean heat

- content using synthetic profiles, *Environ. Res. Lett.* 17 044063.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5f93>
21. Manta, G., S. Speich, M. Barreiro, R. Trinchin, C. de Mello, R. Laxenaire, and A. R. Piola (2022), Shelf Water Export at the Brazil-Malvinas Confluence Evidenced From Combined in situ and Satellite Observations, *Frontiers in Marine Science*, 9, doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.857594>
  22. Marti, F., et al. (2022), Monitoring the ocean heat content change and the Earth energy imbalance from space altimetry and space gravimetry, *Earth Syst. Sci. Data*, 14(1), 229-249, doi: <https://doi.org/10.5194/essd-14-229-2022>
  23. Metzl, N., C. Lo Monaco, C. Leseurre, C. Ridame, J. Fin, C. Mignon, M. Gehlen, and T. T. T. Chau (2022), The impact of the South-East Madagascar Bloom on the oceanic CO<sub>2</sub> sink, *Biogeosciences*, 19(5), 1451-1468, doi: <https://doi.org/10.5194/bg-19-1451-2022>
  24. Meuriot, O., C. Lique, and Y. Plancherel (2022), Properties, sensitivity, and stability of the Southern Hemisphere salinity minimum layer in the UKESM1 model, *Climate Dynamics*, doi: <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06304-2>
  25. Mignot, A., K. von Schuckmann, P. Landschützer, F. Gasparin, S. van Gennip, C. Perruche, J. Lamouroux, and T. Amm (2022), Decrease in air-sea CO<sub>2</sub> fluxes caused by persistent marine heatwaves, *Nature Communications*, 13(1), 4300, doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31983-0>
  26. Moschos, E., A. Barboni, and A. Stegner (2022), Why Do Inverse Eddy Surface Temperature Anomalies Emerge? The Case of the Mediterranean Sea, *Remote Sensing*, 14(15), 3807, doi: <https://doi.org/10.3390/rs14153807>
  27. Napolitano, D. C., G. Alory, I. Dadou, Y. Morel, J. Jouanno, and G. Morvan (2022), Influence of the Gulf of Guinea Islands on the Atlantic Equatorial Undercurrent Circulation, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(9), e2021JC017999, doi: <https://doi.org/10.1029/2021JC017999>
  28. Pauthenet, E., L. Bachelot, K. Balem, G. Maze, A. M. Tréguier, F. Roquet, R. Fablet, and P. Tandeo (2022), Four-dimensional temperature, salinity and mixed-layer depth in the Gulf Stream, reconstructed from remote-sensing and in situ observations with neural networks, *Ocean Sci.*, 18(4), 1221-1244, doi: <https://doi.org/10.5194/os-18-1221-2022>
  29. Petit, F., J. Uitz, C. Schmechtig, C. Dimier, J. Ras, A. Poteau, M. Golbol, V. Vellucci, and H. Claustre (2022), Influence of the phytoplankton community composition on the in situ fluorescence signal: Implication for an improved estimation of the chlorophyll-a concentration from BioGeoChemical-Argo profiling floats, *Frontiers in Marine Science*, 9, doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.959131>

30. Petit, T., V. Thierry, and H. Mercier (2022), Deep through-flow in the Bight Fracture Zone, *Ocean Sci.*, 18(4), 1055-1071, doi: <https://doi.org/10.5194/os-18-1055-2022>
31. Picheral, M., et al. (2022), The Underwater Vision Profiler 6: an imaging sensor of particle size spectra and plankton, for autonomous and cabled platforms, *Limnology and Oceanography: Methods*, 20(2), 115-129, doi: <https://doi.org/10.1002/lom3.10475>
32. Pinault, J.-L. (2022), A Review of the Role of the Oceanic Rossby Waves in Climate Variability, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(4), 493, doi: <https://doi.org/10.3390/jmse10040493>
33. Ringler, A. T., et al. (2022), Achievements and Prospects of Global Broadband Seismographic Networks After 30 Years of Continuous Geophysical Observations, *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2021RG000749, doi: <https://doi.org/10.1029/2021RG000749>
34. Roemmich, D., W. S. Wilson, W. J. Gould, W. B. Owens, P.-Y. Le Traon, H. J. Freeland, B. A. King, S. Wijffels, P. J. H. Sutton, and N. Zilberman (2022), Chapter 4 – The Argo Program, in *Partnerships in Marine Research*, edited by G. Auad and F. K. Wiese, pp. 53-69, Elsevier, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90427-8.00004-6> BGCArgo, DeepArgo
35. Savita, A., et al. (2022), Quantifying Spread in Spatiotemporal Changes of Upper-Ocean Heat Content Estimates: An Internationally Coordinated Comparison, *J. Clim.*, 35(2), 851-875, doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-20-0603.1>
36. Schaap, D. M. A., A. Novellino, M. Fichaut, and G. M. R. Manzella (2022), Chapter Three – Data management infrastructures and their practices in Europe, in *Ocean Science Data*, edited by G. Manzella and A. Novellino, pp. 131-193, Elsevier, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823427-3.00007-4>
37. Sévellec, F., A. C. d. Verdière, and N. Kolodziejczyk (2022), Estimation of Horizontal Turbulent Diffusivity from Deep Argo Float Displacements, *J. Phys. Oceanogr.*, 52(7), 1509-1529, doi: <https://doi.org/10.1175/JPO-D-21-0150.1>
38. Taillandier, V., et al. (2022), Sources of the Levantine Intermediate Water in Winter 2019, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(6), e2021JC017506, doi: <https://doi.org/10.1029/2021JC017506>
39. Tedesco, P., J. Gula, P. Penven, and C. Ménesguen (2022), Mesoscale Eddy Kinetic Energy Budgets and Transfers between Vertical Modes in the Agulhas Current, *J. Phys. Oceanogr.*, 52(4), 677-704, doi: <https://doi.org/10.1175/JPO-D-21-0110.1>
40. Thouvenin-Masson, C., J. Boutin, J.-L. Vergely, G. Reverdin, A. C. H. Martin, S. Guimbard, N. Reul, R. Sabia, R. Catany, and O. Hembise Fanton-d'Andon (2022), Satellite and In Situ Sampling Mismatches: Consequences for the Estimation of Satellite Sea Surface Salinity Uncertainties, *Remote Sensing*, 14(8), 1878, doi: <https://doi.org/10.3390/rs14081878>



41. Tilliette, C., et al. (2022), Dissolved Iron Patterns Impacted by Shallow Hydrothermal Sources Along a Transect Through the Tonga-Kermadec Arc, *Glob. Biogeochem. Cycle*, 36(7), e2022GB007363, doi: <https://doi.org/10.1029/2022GB007363>
42. von Schuckman, K., and P.-Y. LeTraon (2022), Copernicus Ocean State Report, issue 6, *J. Oper. Oceanogr.*, 15(sup1), 1-220, doi: <https://doi.org/10.1080/1755876X.2022.2095169>

**Thèses (soutenues en 2022, 3) :**

1. Aguedjou, H. M. A. (2022), Characteristics of mesoscale eddies in the tropical Atlantic Ocean and their interactions with the atmosphere, L'Université de Toulouse <http://thesesups.ups-tlse.fr/5326/>.
2. Chen, Yanxu (2022), Ocean Ventilation at mesoscale, 18 juillet 2022, Université Paris-Saclay, France
3. Liu, Yingjie (2022) Dynamique de bord ouest et circulation meridienne verticale dans la gyre subpolaire de l'Atlantique Nord, 19 décembre 2022, Université de Bretagne Occidentale, France.