



Plan d'Activité Argo-France 2024

Comité de Pilotage Argo-France



Réf. : AF-2024-PA2024

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, R. Sauzède, C. Schmechtig, N. Poffa, V. Thierry, J. Uitz

Date : 08/03/2024



[Introduction](#)

[Coordination et animation scientifique](#)

[Mission core](#)

[Mission BGC](#)

[Mission Deep](#)

[Achats flotteurs](#)

[Plan de déploiement 2022](#)

[Recherche et développement](#)

[Centre de données](#)

Introduction

Dans la continuité des activités opérationnelles sur lesquelles la France est engagée au niveau européen et international, les partenaires de Argo-France assureront en 2024 :

- la préparation et le déploiement d'environ 70 à 80 flotteurs (Financement TGIR Euro-Argo–Ifremer et SHOM, CPER ObsOcean, PIA Argo-2030, PIE Ifremer PIANO)
- 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 jusqu'à 30°S (A-ARC).

Argo-France s'occupera aussi du traitement en temps-réel des flotteurs BGC-Argo de la flotte française, qui sont attribués par le GMMC. En 2024, Argo-France poursuivra le développement des méthodes DMQC des profileurs Deep et BGC. Elle continuera à mettre en place une chaîne de traitement DMQC opérationnelle BGC au niveau national, ainsi que la consolidation du processing des BGC-Argo nationaux et européens.

Les partenaires Argo-France continueront de représenter la France dans les instances internationales (AST et ADMT) et européennes (ERIC Euro-Argo).

Enfin, la France continuera d'opérer un des deux centres de données globaux Argo.

Le plan d'activité 2024 sera marquée par les éléments suivants :

Coordination et animation scientifique

En 2024, l'INSU lancera une nouvelle vague de labellisation des SNO. Le SNO Argo France présentera un nouveau projet de (re)labellisation pour la période 2025-2029.

En 2024, le SNO Argo-France participera et/ou organisera :

- AST25 (mars 2024, Southampton, UK)
- Journées Scientifiques du LEFE-GMMC (Online, mai-juin 2024)
- ADMT25 (21-25 octobre 2024, Trieste, Italie)
- Premier meeting de la Technological Task Team (TTT) (prévu 20 octobre à Trieste, Italie)

Nous devons par ailleurs construire avec notre CS (GMMC) le mécanisme par lequel des chercheurs pourraient être reconnus experts auprès de Coriolis pour la validation en temps différé pour certaines régions océaniques.

Depuis 2020, Argo-France a mis en place un Forum-DMQC Argo (T/S), à travers des rendez-vous réguliers des opérateurs français en charge du DMQC. Afin de partager, discuter, homogénéiser et coordonner le DMQC au sein de la communauté nationale. Un forum web de discussion sera mis en place afin de consolider la communauté et de mieux

partager les retours d'expériences et problèmes rencontrés sur le DMQC. En 2024, le Forum-DMQC continuera ses rendez-vous à travers des réunions régulières et les échanges sur le forum en ligne et s'étendra à d'autres paramètres comme l'oxygène.

En 2024, Argo-France continuera la surveillance des cas de 'fast salinity drift', maintenant appelées 'Abrupt Salinity drift' (ASD) des sondes CTD SBE41CP (non corrigibles, potentiellement associées à une défaillance de la sonde SBE), en implémentant une liste spécifique au DAC Coriolis inventoriant les plateformes munies de capteurs suspects et ainsi que les rapports des DMQC opérateurs associés.

Dans le cadre de la BGC-Argo TTT créée en 2023, plusieurs groupes de travail ont été mis en place afin de travailler sur la calibration et l'interopérabilité des capteurs de différents fabricants mesurant la même variable. Dans ce cadre, la partie française sera en charge des capteurs de fluorimétrie et de radiométrie.

Enfin, en termes d'action de communication et d'animation scientifique, Argo-France participera à :

- L'université d'été pluridisciplinaire en science de la mer Mer&Education destinée aux enseignants du secondaire (26-29 Août 2024).
- Le programme de médiation Adopt A Float : Pour la nouvelle année scolaire 2023-2024, 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.

Par ailleurs, une collaboration entre l'université du Costa-Rica et le LOV a été mise en place, notamment dans le cadre de la conférence UNOC prévue en 2025 à Nice (et co-organisée par France et Costa-Rica). Cette collaboration se matérialise en premier lieu par le déploiement de flotteurs Core-Argo, BGC-Argo et Deep-Argo sur le Dôme de Costa Rica qui est une des cinq zones de haute mer labellisés par l'UNESCO comme "site of world heritage". Les flotteurs ont été obtenus dans le cadre d'une réponse à l'AO LEFE-GMMC, nos collègues costaricains complétant la charge utile des flotteurs BGC-Argo par des transmissiomètres et UVPs.

Mission core

La flotte Argo est principalement équipée de sondes SBE41CP. Pour la durabilité et la fiabilité des mesures du réseau il est primordial de pouvoir **diversifier les types de sonde utilisées**. Depuis 2017, nous travaillons à évaluer la sonde RBR adaptée aux flotteurs Argo core et profonds (>2000db). L'analyse des données RBR acquises sur des flotteurs core, que ce soit par Argo-France (dans le cadre du projet Euro-Argo-RISE notamment), ou par d'autres programmes Argo, montrent que ces données sont de la même qualité que les données des SBE41CP. Argo-France s'engage donc dans la diversification des capteurs CTD équipant environ 50% des flotteurs core de capteurs RBR.

Mission BGC

Le projet EA-RISE a permis de définir ou d'améliorer les procédures de DM pour les variables BGC. En 2023, la méthode SOCA-light pour la radiométrie a été publiée (Renosh et al., 2023) et a été appliquée à tous les flotteurs équipés d'un capteur de fluorescence. Un article qui présente les détails du traitement en temps différé de la CHL et qui met à disposition cette base de données globale qualifiée est en cours de rédaction..

Afin de pouvoir intégrer ces données de CHL traitées en temps différé à la base de données en minimisant l'impact de la cohérence globale de la base de données, nous avons lors de l'ADMT24 présenté le concept de l'utilisation d'une nouvelle carte permettant d'appliquer une correction plus adaptée en temps réel. Le développement de cette carte sera finie courant 2024 et sera présentée à l'AST25 pour validation. Dans ce cadre, nous entreprendrons un travail visant l'évaluation quantitative de l'amélioration de la base de données de CHL grâce au développement de méthodes de machine learning.

En 2023, la documentation des spécifications du capteur UVP a été mise à jour en différenciant les premiers modèles d'UVP et ceux équipés de la reconnaissance embarquée, en 2024 toutes les données des flotteurs équipés d'UVP seront reprocessées. Les spécifications de gestion des données du radiomètre hyperspectral Trios sont en cours de finalisation. Ces capteurs, UVP et trios ont été mis à l'eau dans le cadre de l'ERC-REFINE

Concernant l'oxygène, un travail va être mené en 2023 sur l'évaluation de la réponse en pression du capteur d'oxygène et sur la mise à jour du logiciel LOCODOX. Cette dernière activité est rendue possible grâce à l'arrivée de Catherine Kermabon (Ingénieur LOPS) dans l'équipe Argo-France. L'année 2023 verra également le déploiement de 2 flotteurs Deep équipés de 2 capteurs d'oxygène pour intercomparer l'optode Aanderaa 4330 et l'optode Rinko AROD-FT (projet PIANO).

Pour 2024 : Prévus intercomparaison de fluorimètres (double fluo avec SeaBird ECO et test Trident rbr en vue d'applications futures à la mission BGC) dans le cadre du projet PIANO et en interaction avec le Working Group "fluorimétrie" de la Technological Task Team (TTT).

Mission Deep

En 2024 il est prévu de recetter les 12 Deep de la commande 2024 ainsi que 3 Deep de retour de SAV. Cette recette nécessitera les tests habituels menés au caisson ACB et au bassin. Cela amènera le stock de flotteurs Deep à 23 flotteurs disponibles entre autres pour les campagnes Argo-Dome (2 flotteurs), CROSSROAD (10+) et EURECCA (5). Par ailleurs 4 Deep ont été déployés début 2024 dans l'océan Austral grâce à une collaboration avec le CSIRO (PI JB Sallée)

L'intercomparaison entre les sondes CTD Argo profondes SBS (SBE61 et SBE41CP) et RBR (RBRargo|deep6k) sur les flotteurs bi-tete et tri-tete montre qu'après application de méthodes de correction similaires, les écarts entre les 2 sondes sont inférieures à 0.005. Ces résultats font l'objet d'une publication soumise à JAOT et suggèrent que la sonde RBRargo|deep6k peut-être utilisée pour la mission Deep-Argo. Des déploiements supplémentaires doivent confirmer cela. En 2024, nous interagissons avec NKE pour qu'ils puissent fournir une offre de flotteur Deep-Argo avec capteur RBR.

Achats flotteurs

Les achats 2024:

Ces achats (Ifremer et SHOM) rentrent dans le cadre du CPER OBSOcean et donnent droit à des subventions permettant d'acheter plus de flotteurs (SHOM) ou de financer des mises à jour instrumentales (upgrades) (IFREMER : Deep, DO et Iridium et CNRS/LOV : BGC).

Les capteurs optiques pour transformer des flotteurs TS02 en flotteurs CTS4 BGC ou CTS5 BGC sont achetés dans le cadre d'un financement CNES. Les capteurs sont d'abord validés et éventuellement calibrés au LOV avant installation sur flotteur.

Commande 2024 (CPER et TGIR) : 30 (Ifremer) + 10 (Shom) Arvor Iridium, 4 Corps BGC, 9 Arvor O2, 10 DEEP. L'enveloppe TGIR n'a pas été revue. Nous bénéficions cette année de 10 têtes SBE41CP "gratuites" en dédommagement des capteurs affectés d'Abort Salty Drift.

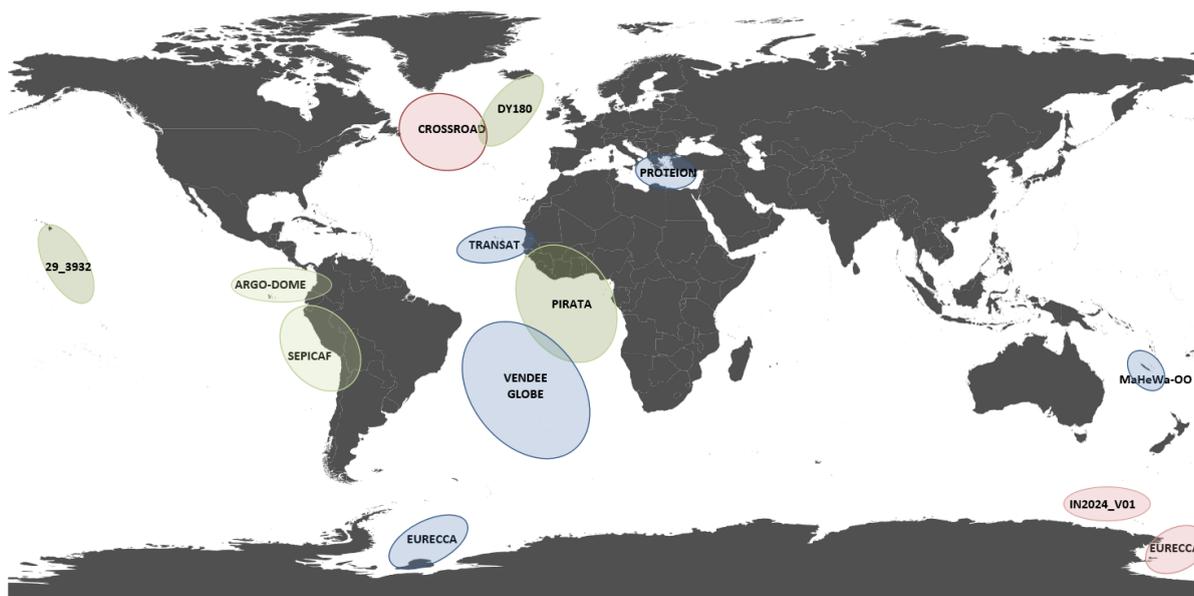
Pas d'achats de BGC prévus sur PIANO : 3 ont été achetés en 2021 (livraison courant automne 2022), mais SU/CNRS prévoit l'achat de 5 BGC sur les financements Equipex+ ARGO-2030.

Plan de déploiement 2024

En 2024, 70 à 80 flotteurs devraient être déployés par la France: Méditerranée, Atlantique Nord/Sud, Austral et Pacifique. Les supports de déploiement sont les navires de la FOF, des collaborations avec la flotte océanographique internationale et des navires d'opportunité. Les projets de déploiements 2024 sont listés ci-dessous, certains plans ne sont pas encore actés fermement du fait des incertitudes des campagnes et de la livraison effective des flotteurs.

PROJET	PI	INSTITUTION	ARVOR	BGC	DO	DEEP	SHIP - Date	ZONE
IN20248_V01	Jean-Baptiste SALLEE	LOCEAN				4	INVESTIGATOR - Janvier 2024	Austral
PIRATA FR34	Xavier Capet, Hervé Claustre	IRD - LOV	4	2	1		THALASSA - Mars 2024	Golfe de Guinée
PROTEION	Franck DUMAS	SHOM	5				ATALANTE - Mars 2024	Med Est
GMMC SEPICAF	Boris DEWITTE	IRD	9	1	6		FALKOR et autres - 2024	Pérou - Chili - Equateur
OPPORTUNITE VOILE	Christine COATANOAN	IFREMER	2				GALLANT - Mars 2024	Atlantique
GMMC ARGO-DOME	Vincent TAILLANDIER	LOV	2	2		2	UNKNOWM	Costa-Rica
GMMC MaHeWa-OO	Sophie CRAVATTE	IRD	5				ANTEA ?	Nouméa
DY180	Hervé Claustre	LOV		1			DISCOVERY - Juin 2024	Atlantique Nord
CROSSROAD	Damien DESBRUYERES	LOPS				12	THALASSA - Août 2024	Atlantique Nord-Ouest
23/3932	Hervé Claustre	LOV			1		KILO MOANA - Novembre 2024	Pacifique
VENDEE GLOBE	Christine COATANOAN	IFREMER	10				Variés - Novembre 2024	Atlantique
GMMC EURECCA-ASFAR	Jean-Baptiste SALLEE	LOCEAN	5			5	ARAON (Ross SEA) & POLARSTERN (Weddel) - Décembre 2024	Antarctique

La carte ci-dessous montre les zones de déploiement (en vert les campagnes à forte composante BGC et en rouge à composante DEEP) :



Recherche et développement

Le SNO Argo-France continuera en 2024 de valoriser les données Argo T/S/O2 en mettant à jour et distribuant les produits interpolés ISAS, notamment en distribuant des climatologies utilisant les données d'oxygène dissous interpolées de la surface au fond (0-5500 m de profondeur) et des profils standardisés, des diagnostics, et des fichiers de QC associées. En 2024, une nouvelle mise à jour d'ISAS (T/S) est programmée (ISAS23). Le SNO Argo France travaille également sur la suivie des QC de la base de données Argo pour ISAS et l'optimisation de l'approche du QC grâce notamment au feedback des itérations successives ISAS15, ISAS17, ISAS20, ISASO2 et aux travaux d'analyse dans le cadre du projet MOCCA.

En collaboration avec Coriolis, le SNO Argo-France encadre également le DMQC sur les trajectoires des flotteurs Argo et les mises à jour du produits ANDRO (Atlas des trajectoires Argo). En 2024, une mise à jour des trajectoires des flotteurs sera effectuée.

D'autre part, initié en 2019 lors du stage de Solène Dealbera (élève Ingénieur ENSTA), le SNO Argo-France en collaboration avec Coriolis a développé en 2020 des méthodes et une chaîne de traitement pour les données de trajectoire de dérive Argo en temps quasi réel, ainsi que la production de vitesses associées aux trajectoires. Initié en 2022, en 2023, la

chaîne de traitement sera implémentée à Coriolis pour fournir des données de trajectoire en temps quasi-réel. En collaboration avec le centre de données Coriolis, le SNO Argo-France continuera à travailler sur 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.

En 2024, le SNO Argo-France continuera à travailler à la qualification des données Deep dans le cadre des projets Argo en cours (PIANO, ObsOcean, Argo-2030) et de la "Deep-Argo Mission Team".

Le SNO Argo-France continuera de développer de nouvelles méthodes pour le contrôle qualité et le traitement des données Argo, notamment à l'aide des outils statistiques de "Machine Learning". Les méthodes en développement seront testées en conditions opérationnelles:

1. La classification non-supervisée de profils (Maze et al, PO 2017) pour la sélection de données de référence. La méthode et une procédure ont été développées dans le cadre de EARISE et sont maintenant disponibles ([voir DMQC-PCM](#)). Elles seront testées au LOPS. En 2024 nous consoliderons le logiciel et les "patches" à la version Python d'OWC pour utiliser cette nouvelle option de sélection de profils.
2. La prédiction de profils de références via des méthodes de régression basées sur des réseaux de neurones (CANYON et CANYON-Med pour les données de la mission BGC, OSnet pour les données de la mission core).
3. La prédiction de profils de référence de bbp basés sur le réseau de neurones SOCA permettant la détection de profils anormaux dans la base de données (premier audit de bbp délivré courant 2021).
4. La prédiction de profils de référence de Chl basés sur un réseau de neurones de type SOCA afin de détecter les profils anormaux de Chl (audit de Chl en développement). Cette méthode SOCA-Chl nous permettra également de comparer différentes données de Chl afin d'évaluer la qualité du traitement des données en amont.
5. La prédiction de profils de référence de radiométrie basés sur un réseau de neurones de type SOCA actuellement en développement permettant à la fois de détecter d'éventuels profils anormaux de radiométrie dans la base de données mais également de participer au traitement des données de Chl en delayed mode pour les flotteurs n'étant pas équipés de radiomètre.

Le SNO Argo-France continuera en 2024 de valoriser les données BGC-Argo à travers la mise à disposition opérationnelle de plusieurs produits dans Copernicus Marine Service.

Le premier produit est un produit interpolé à l'échelle globale de Chlorophylle-a et de coefficient de rétrodiffusion particulière, transformé en carbone organique particulière: <https://doi.org/10.48670/moi-00046>. Ce produit met à disposition des champs hebdomadaires sur la période 1998-N-1 ainsi que des champs mensuels pour les produits climatologiques. Un reprocessing complet du produit est attendu en 2024 avec une amélioration de la résolution spatiale (du quart au huitième de degré) et temporelle (hebdomadaire à quotidienne) du produit. De plus, la méthode SOCA sera améliorée,

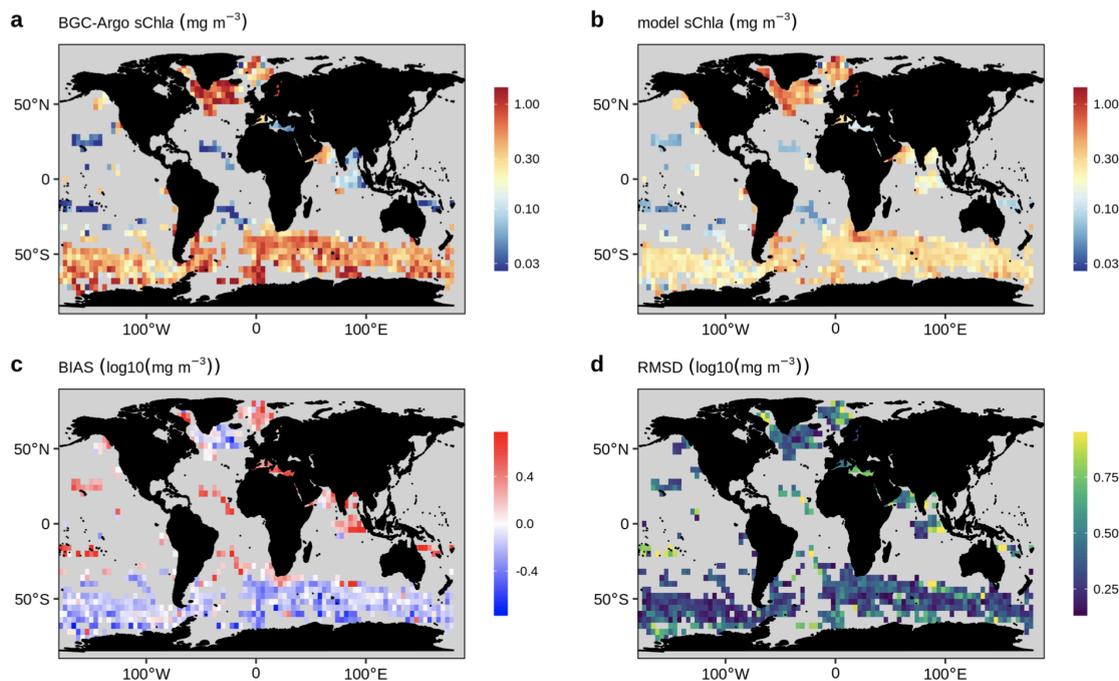
notamment en entraînant le réseau de neurones avec une base de données plus complète (intégration des données depuis 2020). Un article est en préparation pour présenter les améliorations de la méthode et du produit sous-jacent.

Un second produit de profils verticaux de concentration en nutriments et des variables du système carbonaté est distribué de manière opérationnelle: <https://doi.org/10.48670/moi-00048>. Ces profils sont estimés à partir de réseaux de neurones (CANYON pour Carbonate system and Nutrients concentration from hYdrological properties and Oxygen using a Neural-network; Sauzède et al., 2017; Bittig et al. 2018; Fourier et al. 2020) pour chaque flotteur Argo équipé d'un capteur d'oxygène dont les données sont qualifiées en temps différé. A partir de mi-2024, ce produit sera délivré en NRT (Near-Real Time) avec les incertitudes correspondantes.

Dans le cadre du développement des produits issus de la base de données BGC-Argo, un groupe de travail SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) a été accepté fin 2023. Ce groupe de travail, intitulé [4D-BGC SCOR](#) (WG #168) est présidé par Raphaëlle Sauzède (SNO Argo-France) et Jonathan Sharp (USA). La réunion de lancement de ce groupe de travail aura lieu lors de la conférence Ocean Sciences Meeting en Février 2023.

Une activité d'utilisation de la flotte BGC pour validation des produits opérationnels a commencé en 2020 et se poursuivra dans le futur. Il s'agit de collaborer avec l'équipe R&D BGC MERCATOR Océan International (A. Mignot, E. Gutknecht, J. Lamouroux, C. Perruche) pour identifier et tester des métriques d'évaluation des produits opérationnels Mercator avec la base BGC-Argo. Dans ce cadre, un papier a été publié: Using machine learning and Biogeochemical-Argo (BGC-Argo) floats to assess biogeochemical models and optimize observing system design (Mignot et al. 2023).

Dans le cadre de la thèse de Quentin Hyvernats, co-financée par MERCATOR Océan et le CNRS (ERC-REFINE), une nouvelle technique destinée à améliorer la paramétrisation du modèle biogéochimique PISCES et utilisant les mesures BGC-Argo et celles que l'on peut en dériver (e.g. produits CANYON) a été mise en œuvre et testée avec succès pour la gyre subpolaire de l'Atlantique Nord. Cette méthode va désormais être appliquée en 2024 à d'autres zones de l'Océan mondial afin de tester si une paramétrisation globale unique ou par biomes s'avère nécessaire.



Chl de surface: Cartes de distribution spatiale des observations des flotteurs BGC-Argo (a), du modèle (b), du BIAS (c) et du RMSD (d). Les données sont moyennées dans des bins de $4^\circ \times 4^\circ$. Les bins contenant moins de 4 points sont exclus. Le BIAS et le RMSD sont calculés sur les données transformées en \log_{10} pour tenir compte du fait que sChl couvre plusieurs ordres de grandeur et est distribué de façon log-normale (Campbell, 1995).

Centre de données

L'activité principale du centre de données Argo est le traitement opérationnel des données et des métadonnées du DAC et du GDAC Coriolis.

Pour les évolutions, on peut citer :

- Traitement des nouvelles versions de flotteurs (Provor BGC CTS5, Apex BGC APF11, UVP6 capteur image zooplancton, capteur de salinité RBE)
- Projets européens
 - FAIR-EASE
 - VRE contrôle qualité BGC
 - Enrichissement des APIs
 - API Découverte et sélection de données Argo
 - Blue-Cloud, Pillar
 - API données et métadonnées Argo
 - API CTD de références Argo (bigdata)
 - Machine-learning
 - Euro-Argo
 - Sélection de données Argo: découverte et téléchargement des données (NetCDF, csv, cartes, graphiques)
 - maintenance évolutive du tableau de bord des flotteurs
- Trajectoires Argo

- Maintenance et évolution du produit Copernicus courant profond issu des trajectoires Argo
- Mise en oeuvre du RTQC avancé
- Argo ADMT
 - Refonte architecture : transition vers le cloud et bigdata