



Sommaire

Editorial	Page 1
Actualités des workpackages	Pages 1-4
1ers résultats scientifiques des déploiements en Baie de Baffin	Page 5-6
1ers résultats scientifiques des déploiements des Deep-Arvor	Page 6-7
Références	Page 8
Réunions et prochains événements	Page 8



L'observation globale des océans - Préparation de la nouvelle décennie d'Argo

Editorial

Pierre-Yves Le Traon

Coordinateur du Projet NAOS
pierre.yves.le.traon@ifremer.fr



Le besoin de suivi des océans pour comprendre et prévoir l'évolution du climat n'a jamais été aussi important. Il est tout aussi indispensable pour une meilleure gestion durable de l'océan et ses ressources qui subissent des pressions majeures en raison du changement climatique et des activités humaines. Ce besoin est de plus en plus affirmé : agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable (Sustainable Development Goal 14), décision du GIEC de produire un rapport spécial sur "Climate Change, the Oceans and Cryosphere", Tsukuba Communiqué du G7 sur l'observation des océans avec une référence explicite à Argo et ses extensions (Deep Argo et BioGeoChemical-Argo), rapport de l'OCDE "The Future of Ocean Economy in 2030". Les actions engagées dans NAOS répondent ainsi à des attentes très fortes vis-à-vis de l'observation à long terme des océans. L'année 2016 marque la fin des développements des prototypes et de l'achat des séries de flotteurs pour les expériences scientifiques (phase I du projet). Grâce à une très forte implication des équipes, le bilan des actions menées est très positif comme le souligne les résultats présentés dans cette sixième newsletter. Les expériences scientifiques pilotes pour la nouvelle phase d'Argo se terminent pour la Méditerranée (WP3) et ont bien démarré pour l'Atlantique Nord (WP5) et l'Arctique (WP4). Un éclairage particulier sur les premiers résultats des WP4 et WP5 est donné dans cette newsletter. Les enjeux du projet, outre la poursuite des expériences pilotes, sont maintenant tournés vers l'exploitation scientifique des observations et leur apport pour la compréhension du rôle de l'océan sur le climat. Il faut aussi dès maintenant organiser la suite de NAOS via la mise en place de la nouvelle phase du programme international Argo, de sa contribution européenne via l'Euro-Argo ERIC et de sa composante française (TGIR Euro-Argo). Très bonne lecture !

Actualités des workpackages

WP1 : Renforcer la contribution française à Argo

Sylvie Pouliquen
sylvie.pouliquen@ifremer.fr



Au total, ce sont 67 flotteurs Arvor achetés, soit 30 en 2012/2013 et 37 en 2014/2015 et déployés dans le cadre de NAOS et actuellement traités par le centre de données Coriolis. Les flotteurs ont été déployés sur une grande surface géographique (Atlantique Sud, Atlantique équatorial, Atlantique Nord, Golfe de Guinée, Pacifique S.O, Golfe du Bengale), et sur des supports variés : campagnes océanographiques (80%), déploiement d'opportunité (voiliers et marine marchande). Ces flotteurs fonctionnent correctement et environ 3629 profils verticaux effectués ont été effectués par les flotteurs NAOS depuis novembre 2012. Un nouvel appel d'offres pour l'achat du troisième lot NAOS a été remporté par NKE et le contrat a été validé en Conseil d'Administration Ifremer le 20 octobre. Tous les flotteurs ont été livrés et recettés et seront déployés en 2017. Certains de ces flotteurs sont équipés de la transmission Iridium ce qui permettra de tester en opération les possibilités du lien descendant.

Partant de l'expérience développée par Ifremer dans le cadre de NAOS, Ifremer coopère avec l'ERIC Euro-Argo afin de mettre en œuvre une suite d'outils permettant le suivi à la mer de la flotte européenne et des pays contribuant à Euro-Argo. Enfin, tous les flotteurs NAOS sont maintenant diffusés au nouveau format V3.1 préconisé par Argo et la chaîne de traitement développée dans le cadre de NAOS a été mise à la disposition de la communauté internationale (Rannou *et al.* 2016). De même, les recommandations de BGC-Argo international pour le traitement temps réel des flotteurs avec capteurs biogéochimiques ont été implémentées au centre de données Coriolis.

WP2 : Développer la nouvelle génération des flotteurs Argo

Serge Le Reste, serge.le.reste@ifremer.fr
Xavier André, xavier.andre@ifremer.fr
Vincent Dutreuil
Edouard Leymarie, leymarie@obs-vlfr.fr



En 2016, les flotteurs prototypes développés depuis le début du projet NAOS, ont débouché sur des modèles industriels fabriqués par NKE. Certains d'entre eux ont été déployés de manière opérationnelle, notamment le profileur Arvor, dont les résultats sont très satisfaisants. En parallèle, les validations à la mer des nouveaux profileurs se sont poursuivies. C'est le cas de l'Arvor pouvant plonger à 4 000 m et du Provor-CTS5 pour les applications «glace».

T2.1 - Fiabilisation de l'Arvor

Les prototypes du nouvel Arvor déployés en 2015 ont dépassé les 60 cycles de dix jours à la mer. Ce profileur Argo T&S ayant fait l'objet de travaux de fiabilisation et d'uniformisation de la production, de simplification de la mise en œuvre, a été déployé en grande quantité en 2016 (environ 40 exemplaires, tous projets confondus). Un logiciel embarqué unique propose maintenant le choix de la transmission satellite (Argos ou Iridium), l'option de mesure d'oxygène, et aussi le vecteur support (Arvor ou Provor).

T2.2 - Communications Argos-3

Les expérimentations Argos-3, relancées en 2015, ont confirmé de bonnes performances en 2016 puisque la majorité des profileurs fonctionne toujours en transmettant leurs données en quelques minutes, sur un seul passage satellite (contre plusieurs heures avec Argos-2) (André et al. 2015).

T2.3 - Arvor Profond

Le Deep-Arvor permet de doubler la profondeur d'un profil Argo en allant jusqu'à 4 000 m, et de pouvoir ainsi explorer près de 90 % du volume des océans. Après les essais de prototypes en 2014, quelques profileurs de présérie ont été déployés depuis 2015. Le fonctionnement général du flotteur à la mer est satisfaisant. On note cependant une variabilité des performances, qui a nécessité quelques expertises, et qui doit conduire à des améliorations de la motorisation. L'analyse de la qualité des mesures a permis de sensibiliser le fournisseur de capteurs sur les biais de salinité de son étalonnage initial. Les têtes de mesures CTD font dorénavant l'objet d'un contrôle systématique d'entrée chez NKE, et d'un protocole de mise en œuvre et nettoyage, en recette



Déploiement d'un flotteur Deep-Arvor lors de la campagne BOCATS 2016.

notamment. Enfin, le Deep-Arvor a fait l'objet d'une publication scientifique (Le Reste et al. 2016).

T2.4 - Architecture vecteur - mesure

L'architecture du Provor CTS5 est basée sur l'association d'une carte gérant le déplacement vertical du profileur et d'une carte de mesure indépendante. Cette architecture a confirmé son bon fonctionnement à la mer lors de déploiements opérationnels en mer Méditerranée, en océan Austral et en Arctique sur des applications glace et également validation des satellites mesurant la couleur de l'océan.

T2.5 - Flotteur Provor avec capteur de densité NOSS

Le capteur Noss mesure la déviation d'un faisceau laser traversant le milieu à analyser et calcule un indice de réfraction, une densité et une salinité. L'expérimentation des deux profileurs Provor-Noss en 2015 avait fourni des profils entre 1 000 et 2 000 m, de bonne qualité et répétables pour la température et la pression. Les écarts de salinité en zone profonde Noss-Salinité de Référence étaient inférieurs à 0,02 g/kg. En 2016, les travaux du SHOM ont montré des voies d'amélioration. Cela devrait conduire à une nouvelle expérimentation en 2017.

T2.6 - Bio Arctique

La stratégie de détection et d'évitement de la glace lors de la remontée du profileur Provor-CTS5 (Pro-Ice) en surface, repose sur une surveillance de la température et la mise en œuvre d'un altimètre inversé. Ces mécanismes ont été testés en mer Méditerranée, en lac à Québec et durant le camp de glace GreenEdge 2015. Un profileur a été déployé dans l'océan Austral début 2016. Il a acquis et accumulé en mémoire plus de 130 profils, en l'absence de communication satellite Iridium, reproduisant ainsi un comportement sous glace.

WP3 : Flotteurs avec capteurs biogéochimiques en Mer Méditerranéenne

Fabrizio d'Ortenzio, dortenzio@obs-vlfr.fr
Hervé Claustre, claustre@obs-vlfr.fr
Edouard Leymarie, leymarie@obs-vlfr.fr
Vincent Taillandier, taillandier@obs-vlfr.fr



Les activités du WP3 en 2016 ont principalement porté sur l'exploitation scientifique des flotteurs du deuxième lot déployés au cours de la campagne BioArgoMed en 2015, spécifiquement dédiée au déploiement et à la récupération des flotteurs NAOS du WP3 en mer Méditerranée.

Sur les 26 flotteurs achetés, 22 ont été déployés. Neuf sont encore actifs, dix ont été récupérés (dont huit remis en état et quatre redéployés) et cinq ont été définitivement perdus. Huit flotteurs restent en stock. A l'heure actuelle, 5482 profils (dont 3202 de NO₃/O₂) ont été collectés, depuis novembre 2012. Les données sont visibles sur le site dédié sur le serveur du LOV (http://www.obs-vlfr.fr/~dortenzio/naos_wp3/index.html) ou sur le portail dédié au contrôle de qualité (mis en place par ACRI, <http://seasiderendezvous.fr>).

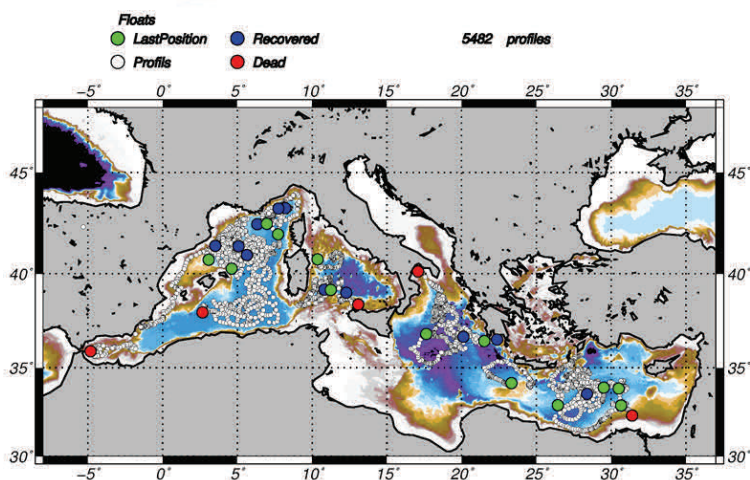


Figure 1 : Positions des profils des flotteurs NAOS en mer Méditerranée (points blancs : dernière position disponible; points verts : flotteurs toujours opérationnels; points rouge : flotteurs perdus; points bleu : flotteurs récupérés).

Du point de vue scientifique, quatre nouvelles publications scientifiques utilisant les données NAOS WP3 ont été diffusées en 2016. Dans une première publication, la relation entre NO_3 et méso-échelle a été étudiée en mer Méditerranée, grâce, notamment, au réseau de flotteurs équipés de sondes de nitrates (Pasqueron de Fommervault *et al.* 2016). Dans une deuxième publication (Mayot *et al.* 2016), les bio régions satellitaires qui ont piloté les déploiements des flotteurs NAOS en 2012 et 2015, ont été réévaluées sur base interannuelle, ce qui a permis de vérifier la pertinence des déploiements NAOS. Dans une troisième publication (Organelli *et al.* 2016), les données d'irradiance des flotteurs NAOS en mer Méditerranée ont été analysées pour identifier les anomalies optiques au niveau global (avec les données issues de l'ensemble du réseau Bio-Argo global). Finalement, les données à haute résolution sur la verticale obtenues à partir des flotteurs déployés en mer Méditerranée Nord Occidentale pendant l'hiver 2012-2013, ont été analysées dans une publication spécifiquement dédiée à l'évènement de convection profonde qui a eu lieu pendant cette période (Houpert *et al.* 2016).

Six flotteurs, parmi le stock actuel, seront déployés en 2018-2019 pendant l'expérience internationale PERLE (dans le cadre du programme MISTRALS). Deux flotteurs seront déployés pendant la campagne PEACETIME en mai 2017 en mer Méditerranée Centrale.

WP4 : Flotteurs biogéochimiques en Arctique

Marcel Babin,

marcel.babin@takuvik.ulaval.ca

Claudie Marec,

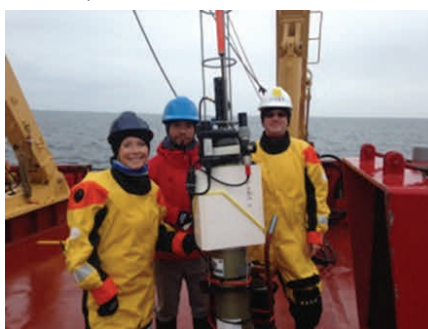
claudie.marec@takuvik.ulaval.ca



L'objectif du WP4 est de déployer une flotte de flotteurs biogéochimiques en Baie de Baffin. L'année 2016 a été marquée par les premiers résultats des premiers flotteurs Pro-Ice en Arctique (voir encart).

Le cadre scientifique des déploiements des flotteurs Pro-Ice

est le projet GreenEdge. Le travail de terrain du projet s'est décomposé en deux expéditions de quatre mois sur la banquise en 2015 et 2016 et une campagne de 42 jours sur le brise-glace Amundsen été 2016 (3 juin-14 juillet) en Baie de Baffin. Durant cette mission, cinq flotteurs de type Pro-Ice ont été déployés (quatre en Baie de Baffin et un en mer du Labrador).



Equipe Pro-Ice durant GE2016 : C. Marec, J. Lagunas, E. Leymarie (soutien à terre : C. Penkerch et C. Schaeffer).



Déploiement depuis le portique de l'Amundsen. Crédit photo : P. Bourgain.

Déploiement de quatre flotteurs Pro-Ice le 9 juillet 2016 :

- takapm009B (WMO 6902667), lat 69°30.062'N/Long 60°08.815'W
- takapm013B (WMO 4901802), lat 69°30.029'N/Long 61°00.658'W
- takapm05B (WMO 4901803), lat 69°19.341'N/Long 60°58.997'W
- takapm014B (WMO 6902668), lat 69°20.209'N/Long 60°13.251'W.

Les flotteurs profilent entre 0 et 1 000 m selon la programmation décrite dans le tableau ci-dessous. Durant les mois d'hiver, ils ne remonteront qu'à 15 m sous le couvert de glace.

Month	No. of Profiles/month	Month	No. of Profiles/month
January	3	July	31
February	3	August	10
March	3	September	10
April	3	October	10
May 1 – May 16	8	November	3
May 16 – May 31	15	December	3
June	30		

Avancées pour la détection de glace (en lien avec WP2.6)

Le capteur de détection de glace développé par Takuvik (J. Lagunas) hors financement NAOS, est passé à une nouvelle version d'algorithme qui vise à compenser les fluctuations de lumière produites par des vagues en surface (absence de glace). Bénéficiant d'un soutien du CNRS (défi d'instrumentation aux limites), la version mécanique a été également revue (caisson en titane : plus léger) ainsi que l'électronique. Ce capteur a été implémenté sur le flotteur Takapm014b. Aucune rétroaction du détecteur optique vers le vecteur n'a été mise en place pour ce déploiement, le but étant d'enregistrer des données pour valider le détecteur.

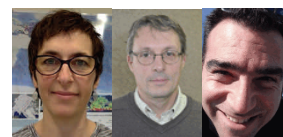
Les prochains déploiements sont prévus en été 2017 où sept flotteurs seront déployés en Baie de Baffin, il en restera six à déployer en été 2018.

WP5 : Flotteurs profonds /oxygène Atlantique Nord

Virginie Thierry, virginie.thierry@ifremer.fr

Herlé Mercier, herle.mercier@ifremer.fr

Guillaume Maze, guillaume.maze@ifremer.fr



Par manque d'observation, l'océan profond (au-dessous de 2 000 m) reste à ce jour encore mal connu. De nombreuses questions se posent sur la circulation profonde moyenne (Daniault *et al.* 2016) (voir figure 2) et sa variabilité, sur la variabilité interannuelle, décennale et à long terme des masses d'eaux profondes et leur rôle sur le stockage de chaleur océanique et l'augmentation du niveau de la mer et plus généralement sur le rôle de la dynamique océanique dans la pénétration et la propagation dans l'océan profond des anomalies climatiques. C'est pour répondre à ces questions que le programme Argo soutient le développement d'une composante Argo profonde (Riser *et al.* 2016) et que l'Equipex NAOS a développé un flotteur Deep-Argo capable d'échantillonner les 4 000 premiers mètres de la colonne d'eau (Le Reste *et al.* 2016). Une stratégie européenne de déploiement de flotteurs Deep-Argo a par ailleurs été élaborée (<http://www.euro-argo.eu/Outreach/Documents>), identifiant trois zones de déploiement privilégiées : l'océan Atlantique Nord, l'océan Austral et la mer Méditerranée.

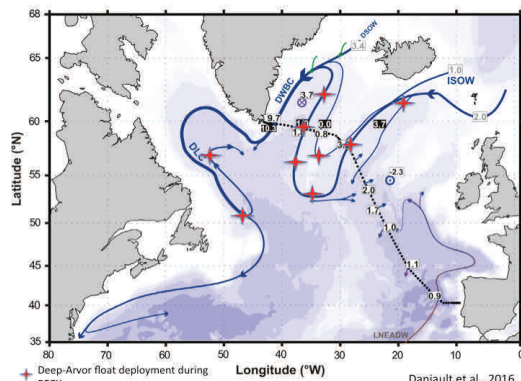


Figure 2 : Schéma de circulation des masses d'eaux profondes ($s_2 > 36,94$) dans le gyre subpolaire d'après Daniault *et al.* 2016.

L'objectif premier du WP5 est d'étudier la circulation profonde, la formation des eaux intermédiaires et profondes dans le gyre subpolaire de l'océan Atlantique Nord et la ventilation de l'océan intérieur en identifiant les chemins de circulation profonde suivis par ces masses d'eau et leur mélange. La stratégie de déploiement de ces flotteurs s'inscrit dans une démarche à long terme de mise en place d'un réseau de flotteurs Deep-Argo à l'échelle du gyre subpolaire en synergie avec les projets OVIDE et RREX. La mise en place rapide d'un tel réseau est primordiale car ce bassin est soumis à une forte variabilité interannuelle à décennale et la détection de tendances à long terme demande des séries temporelles de longue durée. Après une décennie 2000 marquée par une faible active convective et un gyre plutôt chaud et salé, le gyre subpolaire est en train de basculer vers un état plutôt froid avec une forte activité convective proche de celui observé au début des années 1990 (Piron *et al.* 2016; Piron *et al.* 2017). La mise en place d'un réseau de flotteurs Argo profond va nous permettre de caractériser et comprendre ces changements et de suivre le devenir des anomalies en cours de formation, qui seront transportées par la branche basse de la cellule méridienne de circulation. Ainsi, 19 des 22 flotteurs Deep-Arvor acquis dans le cadre de ce WP seront déployés dans cette région. Six flotteurs ont été déployés en 2015 et 2016 au cours des campagnes RREX2015 et BOCATS/OVIDE (voir encadré « Premiers résultats scientifiques des flotteurs Deep-Arvor »). Treize flotteurs seront déployés en juillet 2017 au cours de la campagne RREX2017 (voir figure 3). Ces déploiements seront complétés par quatre flotteurs Deep-Arvor financés par le projet H2020/AtlantOS et mis à disposition par l'ERIC Euro-Argo. Les 17 flotteurs seront déployés dans les veines d'eaux profondes (ISOW, DWBC) constituant la branche basse de la MOC cellule méridienne de retournement (MOC) et rencontrées au cours de la campagne RREX et si possible dans la zone de convection et dans le courant profond de bord ouest (DWBC) le long de la section AR7W en mer du Labrador (collaboration avec I. Yashayaev) (voir figure 3). En considérant la forte dispersion océanique (voir encadré) nous déploierons certains flotteurs par lots de 2 ou 3, permettant non seulement un suivi plus précis des branches de circulation, un ensemencement rapide du gyre, mais aussi une validation croisée des données (voir figure encadré). Les positions de déploiement pourront être revues en fonction des résultats de l'analyse des flotteurs déjà déployés (voir encadré). Les déploiements de flotteurs Deep-Argo dans le gyre subpolaire continueront en 2018 grâce aux 15 flotteurs/an achetés via le CPER Bretagne Euro-Argo (2018-2021). Les flotteurs seront déployés au cours de la campagne OVIDE2018 et à nouveau en mer du Labrador le long de la ligne AR7W si possible.

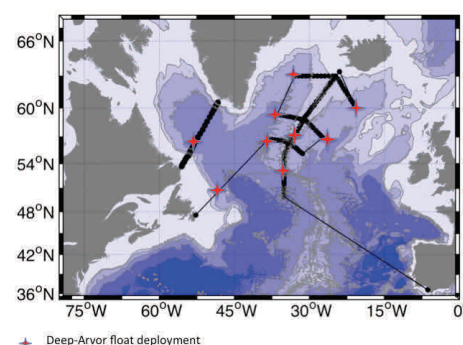


Figure 3: Plan expérimental de la campagne RREX2017. Les étoiles indiquent les positions de déploiement des flotteurs Deep-Argo.

Les trois autres flotteurs Deep-Arvor NAOS seront déployés début 2018 dans l'océan Austral par J.B. Sallée dans le cadre d'un projet mené en collaboration avec le Japon, les USA et l'Australie.

Enfin, grâce au projet NAOS, le logiciel LOCODOX de correction des données Argo-oxygène a été développé par la société Altran. Il a été utilisé pour corriger les données d'oxygène des flotteurs Deep-Argo (voir encadré) ainsi que des flotteurs Argo-O₂ (0-2 000 m) déployés par le LOPS en Atlantique Nord depuis 2011. Ces données, disponibles sur le GDAC Argo, ont été utilisées dans deux articles scientifiques (Piron *et al.* 2016 ; Piron *et al.* 2017).

Premiers résultats scientifiques des déploiements en Baie de Baffin WP4 : Flotteurs biogéochimiques en Arctique

Marcel Babin, marcel.babin@takuvik.ulaval.ca
Claudie Marec, claudie.marec@takuvik.ulaval.ca
José Lagunas, jose-luis.lagunas@takuvik.ulaval.ca
Xiaogang Xing, xing@takuvik.ulaval.ca



L'objectif du WP4 de NAOS est de déployer une flotte de flotteurs biogéochimiques en Arctique.

Les premiers flotteurs adaptés aux conditions arctiques (flotteurs Pro-Ice) ont été déployés en Baie de Baffin dans le cadre du projet GreenEdge depuis le brise-glace canadien Amundsen.

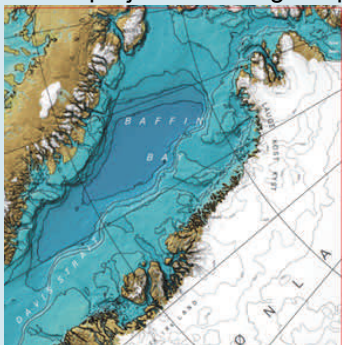


Figure 4 : Bathymétrie de la Baie de Baffin

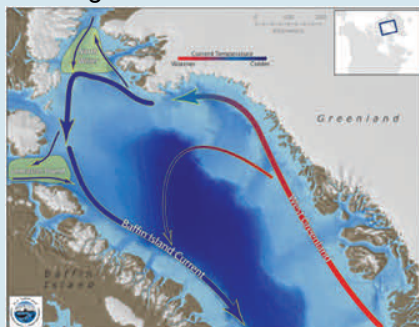
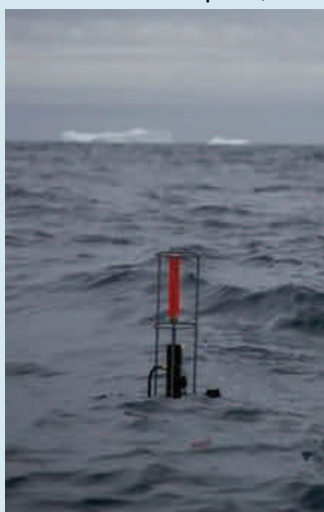


Figure 5 : Circulation Baie de Baffin



Figure 6 : Couvert de glace-zone de largage

Le but de GreenEdge est l'étude détaillée de la dynamique du bloom printanier de phytoplancton en Arctique. Durant la campagne de 42 jours sur le brise-glace Amundsen (3 juin-14 juillet 2016), le long de transects allant de part et d'autre de la lisière de banquise, 202 stations CTD-rosette-LADCP-UVP, des transects MVP (Moving Vessel Profiler) en eau libre, et le déploiement de deux planeurs sous-marins instrumentés, ont permis de récolter un jeu de données sans précédent pour documenter la dynamique de bloom en zone marginale de banquise. Les cinq flotteurs Pro-Ice (quatre déployés en Baie de Baffin, un en mer du Labrador) viennent superbement compléter ce jeu de données.



Déploiement du flotteur Takapm014b (VMO 6902668) le 9 juillet 2016 par 69°20.209N 60°13.251W.
Crédit photo P. Bourgain

La Baie de Baffin est un terrain de jeu contraignant pour la navigation des flotteurs en matière de bathymétrie, de couvert de glace et de circulation océanique. Il a fallu choisir la zone de déploiement de façon stratégique pour que nos flotteurs ne soient pas rapidement éjectés de la Baie de Baffin par le détroit de Davis (circulation cyclonique). Des simulations de largage ont été effectuées par E. Rehm (Takuvik) qui a utilisé l'outil Ariane et les champs de courant du modèle RIOPS (1/12°) fournis par DFO (Pêches et Océan Canada).

En raison du couvert de glace, le déploiement n'a été possible que durant les derniers jours de la campagne GreenEdge.

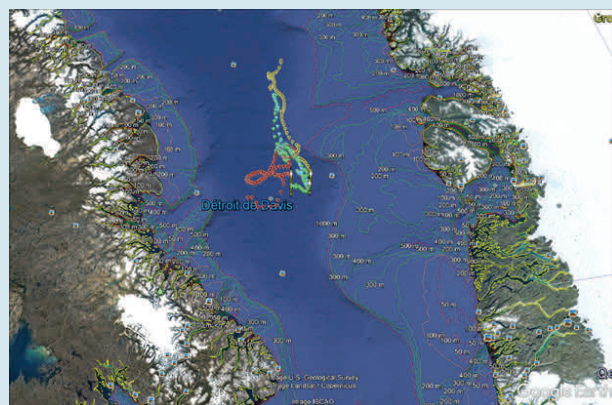


Figure 7 : Trajectoires des quatre flotteurs depuis leur largage jusqu'à leur plongée hivernale le 1^{er} novembre 2016.

Les flotteurs Pro-Ice déployés en Baie de Baffin sont équipés de capteurs CTD, d'oxygène dissous, de fluorescence de la chl a, de fluorescence du CDOM, de la rétro-diffusion des particules, et de nitrate (deux flotteurs sur quatre). Un algorithme de température et un altimètre inversé sont utilisés pour détecter la présence de glace et, le cas échéant, différer leur surfacage. Un flotteur est équipé d'un prototype de détection optique de glace de mer développé à Takuvik par J. Lagunas. Les flotteurs ont été déployés le 9 juillet en eau libre à la lisière de banquise, échantillonnant le bloom (voir photo) au rythme d'un profil par jour à entre 0 et 1 000 m ; à partir d'octobre la cadence de profil a été réduite à un profil tous les trois jours. Pour les mois d'hiver, en raison du couvert de glace, les flotteurs sont programmés pour profiler tous les trois jours en remontant à 15 m sous la surface.

Les jeux de données (données traitées par Dr X. Xing, Takuvik) sont sans précédent en Arctique et vont permettre de caractériser au mieux les conditions environnementales des blooms. Nous attendons impatiemment la débâcle du printemps (juillet) pour revoir à nouveau les flotteurs qui auront des dizaines de profils hivernaux à transmettre. Ces déploiements ont été effectués avec l'aide et le soutien incontournables d'E. Leymarie, C. Penkerch (LOV) et C. Schaeffer (NKE).

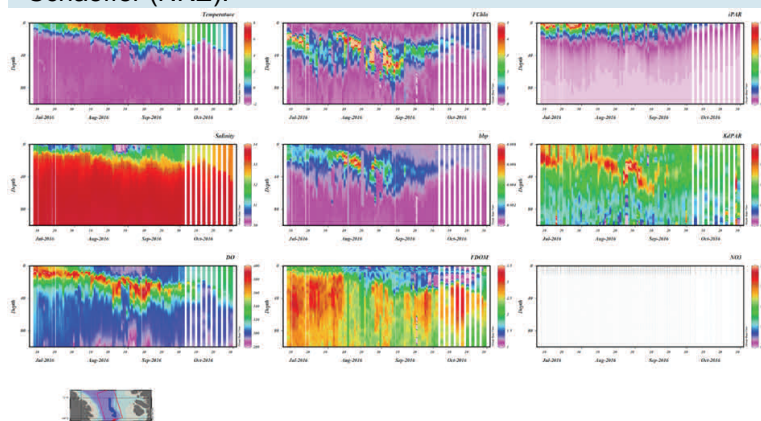


Figure 8 –a: Série temporelle du flotteur Takapm005B en 2016

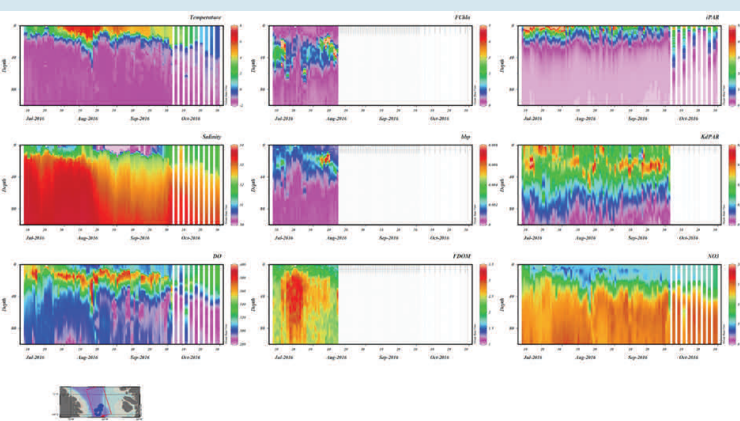


Figure 8 –b: Série temporelle du flotteur Takapm013B en 2016

Premiers résultats scientifiques des flotteurs Deep-Arvor WP5 : Flotteurs profonds /oxygène Atlantique Nord

Virginie Thierry, virginie.thierry@ifremer.fr
Herlé Mercier, herle.mercier@ifremer.fr
Guillaume Maze, guillaume.maze@ifremer.fr
Virginie Racapé, virginie.racape@ifremer.fr



Circulation profonde du Gyre Subpolaire Nord Atlantique vue par les Deep-Arvor

Par Virginie Racapé (post-doc de 18 mois cofinancé par Ifremer et AtlantOS).

Cinq flotteurs Deep-Arvor, équipés d'un capteur d'oxygène dissous, ont été déployés dans le gyre Subpolaire Nord Atlantique (voir figure 9). Trois d'entre eux ont été mis à l'eau simultanément dans la zone de fracture Charlie-Gibbs (CGFZ) au cours de l'été 2015 (campagne RREX), tandis que les deux autres ont été largués dans l'Est du bassin d'Irminger au cours de l'été 2016 (campagne BOCATS). Ces déploiements ont conduit à l'acquisition d'un jeu de données de température, de salinité et d'oxygène dissous à haute fréquence (dix jours), unique en profondeur (> 2 000 m). De haute qualité, ce jeu de données profondes continue de nous dévoiler ses remarquables résultats (voir newsletter 2016).

Circulation profonde : existence d'une voix directe entre CGFZ et le courant profond de bord Ouest

Sans surprise, les flotteurs Deep-Arvor mis à l'eau dans le bassin d'Irminger suivent une trajectoire essentiellement vers le Nord (voir figure 9). En revanche, ceux déployés à CGFZ se déplacent d'abord vers l'Ouest jusqu'aux environs de 37°W, où un obstacle modifie leur déplacement. Le flotteur violet circule alors plus au sud, en direction de CGFZ, avant de se diriger vers le Nord, comme attendu initialement (voir figure 9), tandis que les flotteurs noir et vert contournent l'obstacle et continuent contre toute attente vers l'Ouest en direction du courant profond de bord ouest (DWBC). Les propriétés hydrologiques enregistrées par le flotteur noir entre les cycles 19 et 20 (voir figure 10), ainsi que les vitesses de dérivent de 0,1 à 0,15 m/s confirme que le DWBC est at-

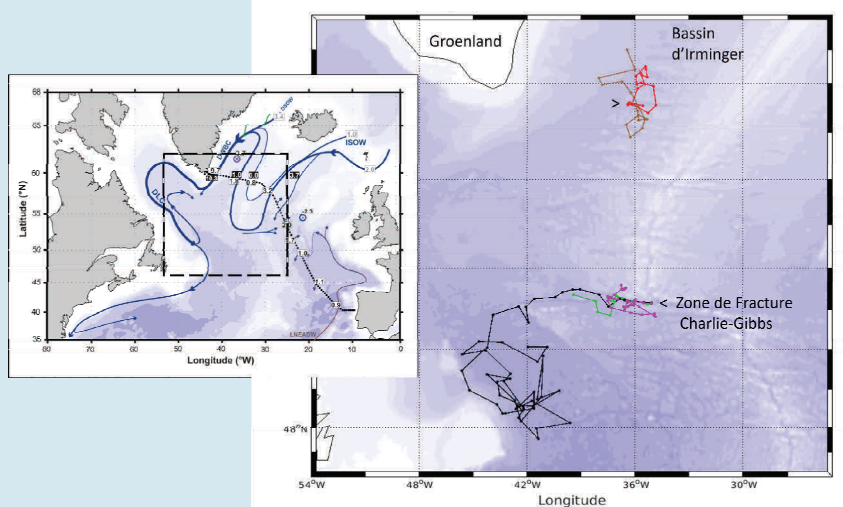


Figure 9 : Trajectoires des trois flotteurs Deep-Arvor-O₂ déployés dans la Zone de Fracture Charlie-Gibbs (CGFZ) en juillet 2015 et des deux flotteurs déployés dans l'Est du bassin d'Irminger en juillet 2016, comparées à la circulation profonde du Gyre subpolaire Nord Atlantique (carte de gauche, Danialut et al., 2016) dans laquelle les flotteurs dérivent. Les flotteurs noir, marron et rouge communiquent toujours et transmettent leurs données tous les dix jours, tandis que les flotteurs vert et violet ont cessé toutes communications (mise à jour le 21 décembre 2016).

teint (Mertens *et al.* 2014). Ce flotteur Deep-Arvor révèle ici un accès direct vers le DWBC depuis CGFZ. Cette connexion, suggérée par McCartney (1992), est absente des schémas actuels de circulation profonde du gyre Subpolaire Nord Atlantique (voir figure 9) et mérite d'être étudiée via le déploiement d'autres flotteurs dans la CGFZ par exemple (voir article WP5).

NAC, courant de surface fortement contraignant en profondeur

L'analyse de la section de salinité (voir figure 10 haut), des vitesses de dérive ($> 0,15$ m/s dès le cycle 22), et des vitesses de surface (voir figure 10 bas) montre que le flotteur noir est éjecté du courant de bord ouest et pris par la dérive Nord-Atlantique (NAC) dès le cycle 22. Ce courant chaud et salé, dans le prolongement du Gulf Stream, est fortement dynamique. Il boucle d'abord vers l'Ouest vers 50°N avant de se diriger vers l'Est. La capture du flotteur Deep-Arvor dans le courant lors de sa boucle vers l'Ouest illustre clairement l'influence très profonde du NAC qui empiète longitudinalement jusqu'à près de 3 000 m de profondeur sur la trajectoire du DWBC. Les flotteurs Deep-Arvor nous permettront de mieux documenter cette influence du NAC sur les courants profonds.

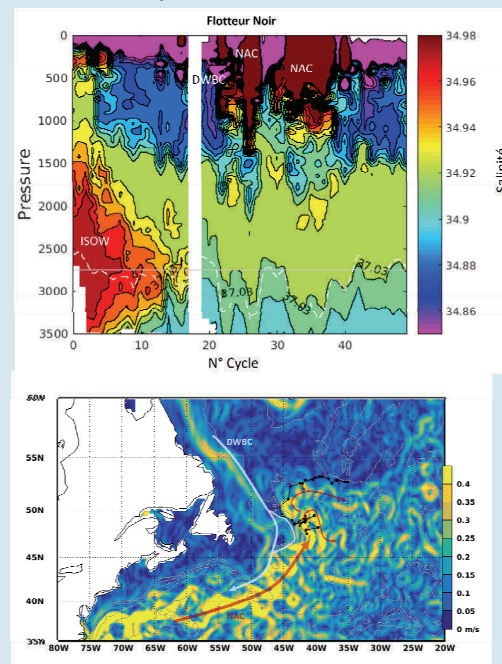
Erosion vers l'Ouest du cœur de salinité de l'ISOW

Les flotteurs Deep-Arvor mis à l'eau dans la CGFZ ont été volontairement déployés dans l'ISOW. Eau d'overflow formée entre l'Islande et l'Ecosse, l'ISOW se caractérise par un maximum en salinité de 37,98 à CGFZ (voir figure 10) comparable à celui observée par Saunders (1994) à 35°W - $52,5^{\circ}\text{N}$ en 1988-89 ($S > 37,97 \sim 2\,500$ m). Représentés par le flotteur noir, les Deep-Arvor documentent pour la première fois l'érosion de ce maxima de salinité, dans une veine allant depuis CGFZ vers le DWBC (voir figure 10).

Figure 10 : (Haut) Section de salinité mesurée par le flotteur noir le long de sa trajectoire (du cycle 1 au cycle 49, données validées). La ligne grise indique la pression de dérive du flotteur (2 750 dbar), tandis que la ligne en pointillés blanc montre l'isopycne 37,03 (s2), où le maximum de salinité, caractérisant l'eau d'overflow provenant du seuil entre l'Islande et l'Ecosse (ISOW), a été détecté dans la CGFZ.

L'interruption de la section traduit un problème technique qui a empêché le flotteur de plonger.

(Bas) Trajectoire du flotteur noir du cycle 1 au cycle 34 superposée sur une carte de vitesse de surface moyenne (m/s ; produit AVISO moyenné sur les trois derniers mois disponibles – 03 à 06/16), illustrant le positionnement moyen du Courant Nord Atlantique (NAC) représenté schématiquement en rouge. Le trait bleu pâle schématise la trajectoire dans la région du courant profond de bord Ouest (DWBC).



Un jeu de données de haute qualité, indispensable à ces profondeurs

Les mesures obtenues via la sonde de conductivité présentent généralement un biais peu salé qui doit être impérativement corrigé avant toute exploitation scientifique. Pour ce faire, deux méthodes ont été retenues au LOPS : la première, la méthode OW adaptée par Cabanes *et al.* (2016), compare sur une dizaine de niveaux où il y a le moins de variabilité en salinité, les données obtenues par un flotteur aux données historiques acquises dans la région au cours des dix dernières années. La seconde, compare le premier profil de descente du flotteur à celui enregistré par la CTD (Conductivity-Temperature-Depth) effectuée au même moment (appelée CTD de référence). Comme montré par Le Reste *et al.* (2016) pour les flotteurs déployés en Atlantique Nord-Est, la correspondance des résultats obtenus par les deux méthodes est à la fois remarquable et complémentaire. La méthode OW estime un biais de $0,017 \pm 0,008$ pour le flotteur noir (0,017 via la CTD référence), de $0,004 \pm 0,013$ pour le flotteur vert (0,003 via la CTD de référence) et de $0 \pm 0,01$ pour le flotteur violet (0 via la CTD de référence). Du fait de la forte variabilité observée entre 0 et 2 000 m de profondeur, seules les corrections supérieures à 0,01 proposées par la méthode OW sont appliquées aux flotteurs Argo classique (0-2 000 m).

L'étude du diagramme θ -S des eaux profondes obtenu à partir de la CTD de référence et du (des) flotteur(s) déployé(s) dans la zone invite à corriger, non seulement le flotteur noir, mais également le flotteur vert même si son biais est inférieur à 0,01. Après application des corrections basées sur la CTD de référence, l'accord entre les diagrammes θ -S des trois flotteurs est remarquable (voir figure 11). En résumé, l'acquisition des données dans des couches profondes de faible variabilité diminue l'incertitude associée aux corrections appliquées par la méthode OW et ce sur tout le profil.

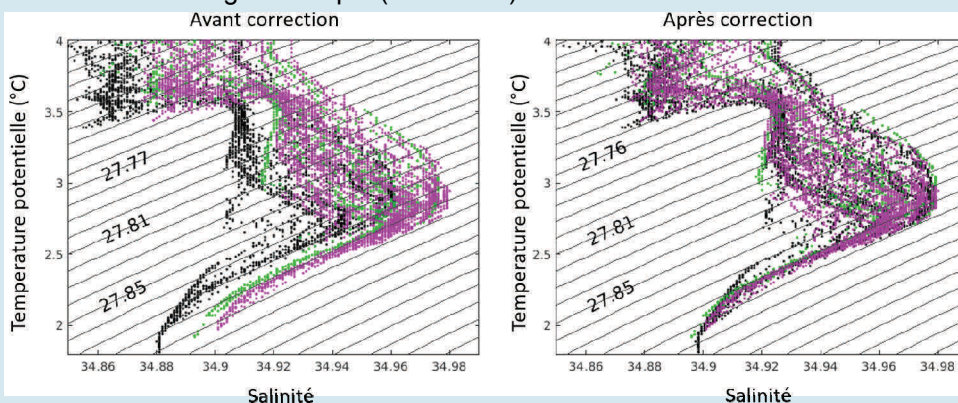


Figure 11 : Diagramme température potentielle (θ)-salinité- s_0 obtenu pour les trois flotteurs déployés dans la Zone de Fracture Charlie-Gibbs (flotteur noir : cycles 1 à 16 ; vert : cycles 1 à 10 ; violet : cycles 1 à 26). Les profils corrigés montrent, comme attendu, peu de dispersion dans le diagramme pour les températures inférieures à 2°C .

Références

- André, X., Moreau B., Le Reste S. (2015); Argos3 Satellite Communication system: Implementation on the Arvor Oceanographic Profiling Floats, Journal of Atmospheric and Oceanic technology (JAOT), [doi:10.1175/JTECH-D-14-00219](https://doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00219).
- Cabanes C., Thierry V., Lagadec C. (2016), Improvement of bias detection in Argo float conductivity sensors and its application in the North Atlantic. Deep-Sea Research I, 114, 128-136, [doi:10.1016/j.dsr.2016.05.007](https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.05.007).
- Daniault N., Mercier H., Lherminier P., Sarafanov A., Falina A., Zunino P., Pérez F., Rios A., Ferron B., Huck T., Thierry V. (2016), The Decadal Mean Circulation in the Northern North Atlantic. Progress in Oceanography, 146, 142–158, [doi:10.1016/j.pocean.2016.06.007](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.06.007).
- Houpert L., Durrieu de Madron X., Testor, P., Bosse A., D'Ortenzio F., Bouin M. N., Dasuse D., Le Goff H., Kunesch S., Labaste M., Coppola L., Mortier L., Raimbault P. (2016), Observations of open ocean deep convection in the northwestern Mediterranean Sea: Seasonal and interannual variability of mixing and deep water masses for the 2007–2013 period. Journal of Geophysical Research - Oceans, [doi:10.1002/2016JC011857](https://doi.org/10.1002/2016JC011857).
- Le Reste S., Dutreuil V., André X., Thierry V., Renaut C., Le Traon P.-Y., Maze G. (2016), « Deep-Arvor »: A new profiling float to extend the Argo observations down to 4000m depth. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 23, 1039-1055, [doi:10.1175/JTECH-D-15-0214.1](https://doi.org/10.1175/JTECH-D-15-0214.1).
- Mayot N., D'Ortenzio F., Ribera d'Alcalà M., Lavigne H., Claustre H. (2016), The Mediterranean trophic regimes from ocean color satellites: a reappraisal. Biogeoscience, [doi:10.5194/bg-13-1901-2016](https://doi.org/10.5194/bg-13-1901-2016).
- McCartney, M. S. (1992), Recirculating components to the deep boundary current of the Northern North Atlantic. Progress in Oceanography, 29, 283-383.
- Mertens, C., Rhein M., Walter M., Böning C. W., Behrens E., Kieke D., Steinfeldt R., Stöber U. (2014), Circulation and transports in the Newfoundland Basin, western subpolar North Atlantic. Journal of Geophysical Research: Oceans, 119, 7772–7793, [doi:10.1002/2014JC010019](https://doi.org/10.1002/2014JC010019).
- Organelli E., Claustre H., Bricaud A., Schmechtig C., Poteau A., Xing W., Prieur L., D'Ortenzio F., Dall'Olmo G., Velluci, V. (2016), A novel near real-time quality-control procedure for radiometric profiles measured by Bio-Argo floats: protocols and performances. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, [doi:10.1175/JTECH-D-15-0193.1](https://doi.org/10.1175/JTECH-D-15-0193.1).
- Pasqueron de Fommervault O., D'Ortenzio F., Mangin A., Serra R., Migon C., Claustre H., Ribera d'Alcalà M., Prieur L., Taillandier V., Schmechtig C., Poteau A., Leymarie E., Dufour A., Besson F., Obolensky G., (31/12/2015), Seasonal variability of nutrient concentrations in the Mediterranean Sea: Contribution of Bio-Argo floats. Journal of Geophysical Research - Oceans, [doi:10.1002/2015JC011103](https://doi.org/10.1002/2015JC011103).
- Piron A., Thierry V., Mercier H., Caniaux G. (2016), Observation of basin-scale deep convection in the Irminger Sea with Argo floats in the 2011-2012 winter. Deep-Sea Research Part I, 109, 76-90, [doi:10.1016/j.dsr.2015.12.012](https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.12.012).
- Piron A., Thierry V., Mercier H., Caniaux G. (en révision), Gyre scale deep convection event in the north-atlantic ocean during winter 2014-2015, submitted to GRL.
- Rannou J. P., Carval T., Fontaine L., Bernard V., Coatanoan C. (2016), Coriolis Argo floats data processing chain, version 20160916_007a. SEANOE, [doi:10.17882/45589](https://doi.org/10.17882/45589).
- Riser S. C., Freeland H. J., Roemmich D., Wijffels S., Troisi A., Belbeoch M., Gilbert D., Xu J., Pouliquen S., Thresher A., Le Traon P.-Y., Maze G., Klein B., Ravichandran M., Grant F., Poulain P.-M., Suga T., Lim B., Sterl A., Sutton P., Mork K.-A., Velez-Belchi P. J., Ansorge I., King B., Turton J., Baringer M., Jayne S. R. (2016), Fifteen years of ocean observations with the global Argo array. Nature Climate Change, 6, 145-153, [doi:10.1038/nclimate2872](https://doi.org/10.1038/nclimate2872).
- Saunders P. M. (1994), The flux of overflow water through the Charlie-Gibbs Fracture Zone. Journal of Geophysical Research, [doi:10.1029/94JC00527](https://doi.org/10.1029/94JC00527).

Réunions et prochains évènements

- 18^{ème} réunion du Comité de Pilotage NAOS, 27 février 2017, Ifremer, Brest.
- 8^{ème} réunion du Comité Directeur NAOS, 3 mars 2017 Ifremer, Issy-les-Moulineaux.
- Réunion de l'ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures), 16-18 janvier 2017, Malaga.
- Réunion du Management Board de l'ERIC Euro-Argo, 1-3 mars 2017, Sopot.
- 18^{ème} réunion de l'Argo Science Team (AST), 13-17 mars 2017, Hobart.
- Réunion du Council de l'Euro-Argo ERIC, 28 mars, 2017, Paris.
- Assemblée générale 2017 de l'EGU (European Geosciences Union), 24-28 avril 2017, Vienne.
- Journées Scientifiques de l'action LEFE/GMMC, 20-22 juin 2017, Ifremer, Brest.
- Euro-Argo user workshop, 4-5 Juillet 2017, Maison des Océans, Paris.
- Copernicus Marine Week, 25-29 Septembre 2017, Bruxelles.
- Assemblée générale Atlantos, 21-23 novembre 2017, Gran Canaria.

Site WWW :
<http://www.naos-equipex.fr/>
 Contactez-nous :
naos@ifremer.fr



Convention ANR-10-EXPQ-40-01

Bureau de coordination NAOS
 Ifremer, Z.I. de la Pointe du Diable,
 CS 10070, 29280 Plouzané, France
 Tel. : 02 98 22 41 78

