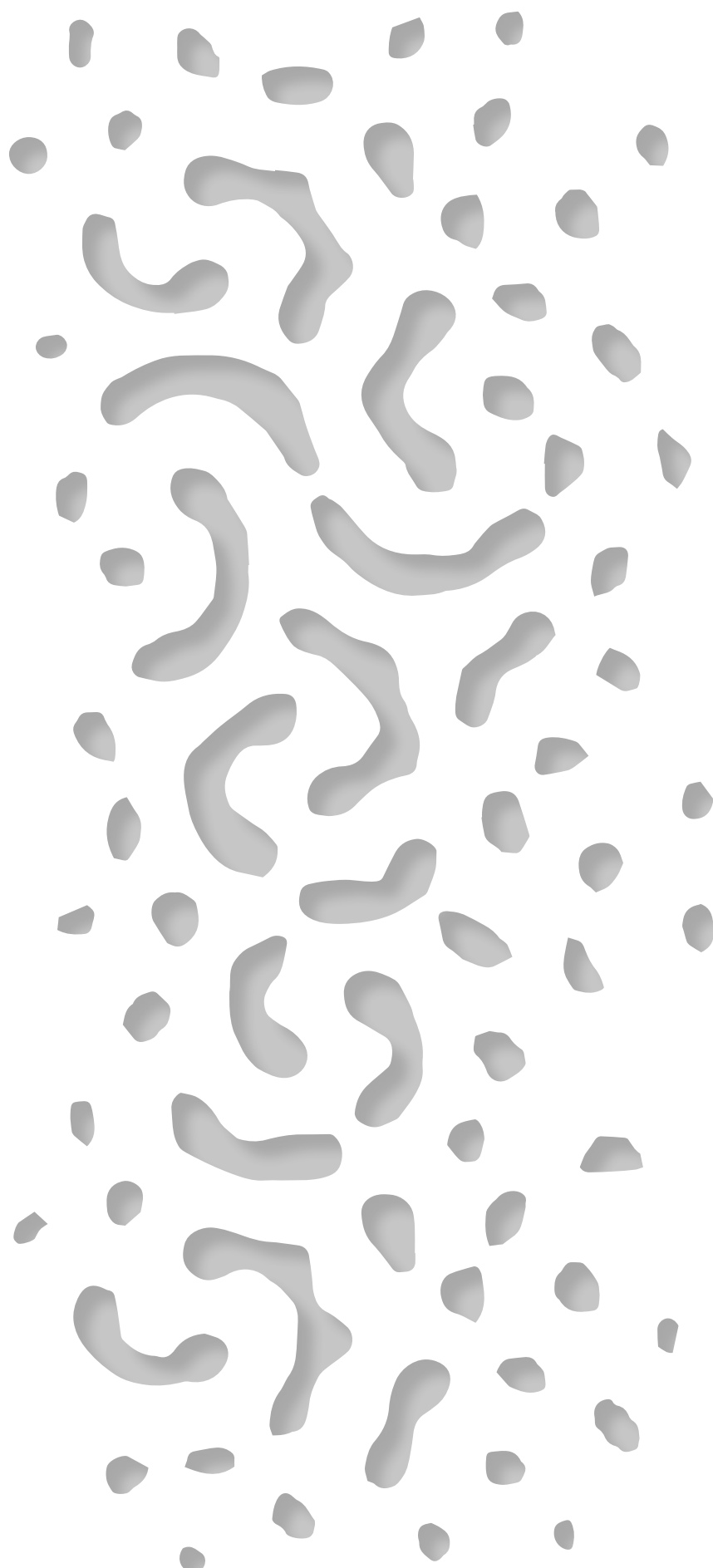
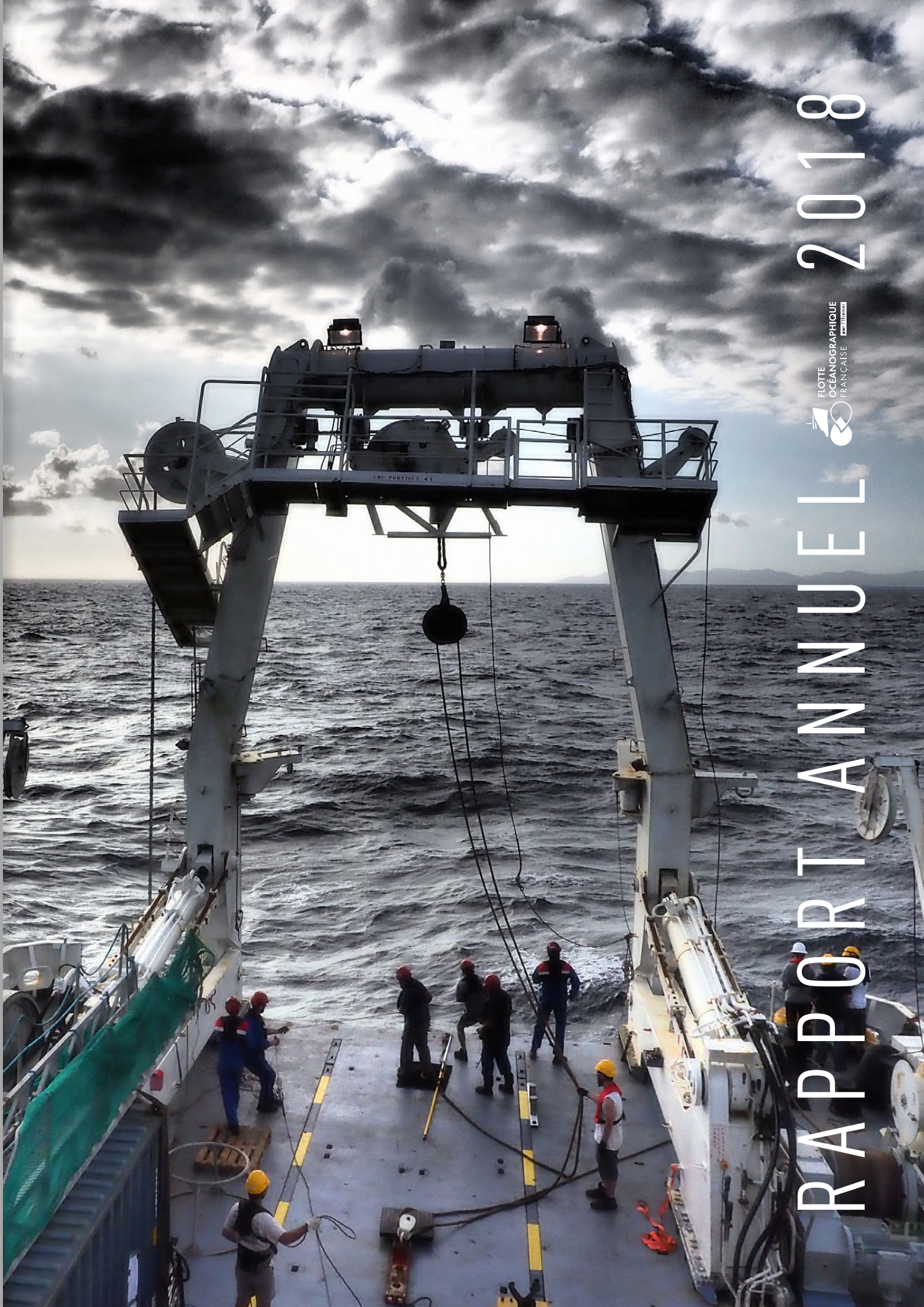




RAPPORT ANNUEL 2018

FLOTTE
OCÉANOGRAPHIQUE
FRANÇAISE 





2018



RAPPORT ANNUEL

LE MOT DU PRÉSIDENT

FRANÇOIS HOULLIER, PRÉSIDENT-DIRECTEUR
GÉNÉRAL DE L'IFREMER

Très grande infrastructure de recherche (TGIR), la « Flotte océanographique française » joue un rôle éminent pour la communauté scientifique française et occupe une place singulière au sein de l'Ifremer. Au terme d'un long processus « d'unification », dont l'interview de Jean-Marie Flaud rend compte, elle regroupe en effet, depuis le 1er janvier 2018, l'ensemble des moyens navals, sous-marins et expérimentaux antérieurement possédés et mis en œuvre par le CNRS, l'Ifremer, l'IPEV ou l'IRD.

La Flotte océanographique française est une infrastructure polyvalente formée d'un ensemble d'équipements et ressources dont la diversité et la complémentarité sont essentielles pour répondre aux attentes de la communauté scientifique : six navires hauturiers qui interviennent en Méditerranée et dans les trois grands océans, Atlantique, Indien et Pacifique, et cinq navires côtiers opérant dans les eaux métropolitaines, complétés par les sept navires de station du CNRS, répartis sur les façades maritimes de l'hexagone ; des engins sous-marins capables d'intervenir jusqu'à 6 000 mètres de profondeur en accompagnement des navires ; des équipements scientifiques embarqués. Pour l'essentiel, ces moyens sont mis en œuvre par le GIE Genavir, commun au CNRS, à l'Ifremer, à l'IRD et à Irstea.

Aux côtés d'autres infrastructures de recherche dédiées à l'observation des océans, aux systèmes d'information, aux essais hydrodynamiques ou aux expérimentations aquacoles, elle fait partie des infrastructures de recherche opérées par l'Ifremer. Au sein de cet ensemble, sa singularité tient à plusieurs facteurs : avec EuroArgo, elle est l'une des deux TGIR inscrites dans la feuille de route nationale définie par le ministère de l'Enseignement

supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (MESRI) ; en termes financiers, elle est de loin la plus importante, non seulement par rapport aux autres infrastructures de l'Ifremer, mais aussi plus généralement par rapport aux diverses infrastructures françaises de recherche qui relèvent des sciences de la terre et de l'environnement.

Sa singularité tient aussi à la diversité de ses missions, de ses usagers et de ses partenariats : ouverte à toute la communauté scientifique française, elle mène des campagnes de recherche évaluées pour leur excellence et leur pertinence ; au titre du partenariat établi avec la Marine nationale, elle réalise des campagnes pour le compte du Shom ; elle remplit des missions d'expertise technique en appui aux politiques publiques maritimes, nationales et européennes ; enfin, elle est le support de projets collaboratifs avec des acteurs publics ou privés dans le cadre d'affrètements particuliers. L'une des trois plus grandes Flottes scientifiques en Europe, avec celles de l'Allemagne et du Royaume-Uni, elle a une capacité de projection sur l'ensemble des océans du globe, et elle entretient des partenariats avec différents pays en Europe comme en Amérique du Nord.

Dirigée par Olivier Lefort et placée sous l'égide de son comité directeur — présidé par le représentant du MESRI et composé de représentants du CNRS, de l'Ifremer, de l'IRD et du réseau français des universités marines —, la Flotte océanographique française est aujourd'hui opérée par l'Ifremer pour le compte et au bénéfice de l'ensemble de la communauté scientifique française. Ce rapport annuel est le premier qui rende compte de son activité dans ce nouveau contexte.

SOMMAIRE

- 3** LE MOT DU PRÉSIDENT,
FRANÇOIS HOULLIER,
PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL
DE L'IFREMER
- 5** AVANT-PROPOS, OLIVIER LEFORT,
DIRECTEUR DE LA TGIR FLOTTE
OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE
- 6** LE MOT DU MINISTÈRE
- 7** L'ORGANISATION DE LA TGIR FLOTTE
- 8** LES PREMIÈRES ORIENTATIONS
PRISES PAR LE COMITÉ DIRECTEUR
DE LA TGIR FLOTTE
- 9** LE REGARD DU CONSEIL SCIENTIFIQUE
SUR LA TGIR FLOTTE
- 10** 2018 EN CHIFFRES
- 12** LES MOYENS DE LA TGIR FLOTTE
- 19** INGÉNIERIE, RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT
- 28** CARTES DES CAMPAGNES
- 32** ACTIVITÉS DES NAVIRES
- 40** RÉSULTATS ET PUBLICATIONS 2018
PORTANT SUR DES CAMPAGNES
DES ANNÉES ANTÉRIEURES
- 70** ANNEXES

AVANT-PROPOS

OLIVIER LEFORT,
DIRECTEUR DE LA TGIR FLOTTE
OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

L'année 2018 aura été une année remarquable pour la Flotte océanographique française : l'unification de cette très grande infrastructure de recherche (TGIR) est devenue une réalité, avec la mise en place de la direction de la Flotte qui regroupe désormais au sein de l'Ifremer, et au bénéfice de tous les acteurs, l'ensemble des personnes et des moyens nécessaires au bon fonctionnement et au développement de cette infrastructure.

La gouvernance s'est mise en place. Constitué de représentants du CNRS, de l'Ifremer, de l'IRD et du réseau des universités marines, le Comité Directeur s'est réuni à quatre reprises, et les commissions nationales d'évaluation des Flottes hauturière et côtière ont été renouvelées pour 4 ans. Le Conseil Scientifique de la TGIR a été constitué : il a été ouvert à l'international et a tenu sa première réunion en décembre.

L'année 2018 a été marquée par des campagnes emblématiques avec notamment le déploiement du Marion Dufresne en mer de Chine ou encore la réalisation des premières missions avec le nouvel équipement de sismique qui a montré des résultats prometteurs. Entamée il y a maintenant 4 ans, la modernisation de la Flotte s'est concrétisée par la mise en service du HROV Ariane et des sources sismiques de nouvelle génération.

Enfin, l'avenir commence à se dessiner, avec la validation par le Conseil Scientifique des principes du plan de renouvellement des navires de la Flotte et avec le lancement du processus de définition des engins d'intervention grands fonds du futur.

La nouvelle organisation de la TGIR Flotte océanographique française est désormais en place et ses personnels auront à cœur d'offrir à tous ses utilisateurs des outils modernes et performants, capables de servir les projets scientifiques d'envergure de la communauté nationale.

LE MOT DU MINISTÈRE

QUESTIONS POSÉES À JEAN-MARIE FLAUD, MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION (MESRI), PRÉSIDENT DU COMITÉ DIRECTEUR DE LA FOF.



QUELLES SONT LES MOTIVATIONS ET COMMENT L'UNIFICATION DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE A-T-ELLE ÉTÉ IMAGINÉE ?

La question de l'optimisation de la gestion de la Flotte a fait l'objet de débats depuis plus de vingt ans. Au fil des années, la prise de conscience d'une nécessaire évolution s'est renforcée. En 2016, la lettre de mission adressée par le secrétaire d'État à l'enseignement supérieur et à la recherche à François Jacq a ouvert une nouvelle phase, avec le souci d'une convergence allant au-delà des progrès accomplis par l'unité mixte de service Flotte créée en 2011. Le but de la mission était de proposer les dispositifs concrets autorisant le franchissement de cette nouvelle étape, d'une manière aussi pragmatique que possible. Une équipe mission a été réunie, composée de personnalités d'horizons divers. Après avoir rencontré les nombreux acteurs intéressés et mis en place un dispositif de suivi avec les opérateurs de l'UMS Flotte (CNRS, IRD, IPEV, Ifremer), la mission a forgé sa conviction que la solution

d'un rassemblement de la Flotte adossé à l'Ifremer était la meilleure option pour en assurer un usage pérenne tout en lui préservant des outils d'un haut niveau technologique. Les propositions émises par la mission ont été approuvées par le MESRI et les organismes utilisateurs de la Flotte, avec la conviction partagée que cette évolution ne pouvait que constituer une plus-value.

QUELS SONT LES PRINCIPES QUI ONT ÉTÉ RETENUS POUR CETTE UNIFICATION ?

Quatre principes ont été retenus : l'unification budgétaire, la définition d'un cahier des charges pour l'emploi de la Flotte, la mise en place d'une structure dédiée au sein de l'Ifremer, ainsi que d'une gouvernance dédiée, l'unification de la programmation. Le budget de la Flotte devient ainsi un budget unique alloué à l'Ifremer par le MESRI, faisant l'objet d'un suivi distinct au sein du budget de l'Ifremer. En regard du budget, et pour assurer que la programmation de la FOF prenne en compte les contraintes existantes et les intérêts des utilisateurs, un cahier des charges de la programmation a été élaboré. Le comité directeur est le garant de son respect, les décisions se prennent à l'unanimité par consensus entre les divers membres.

QUELS ENSEIGNEMENTS TIREZ-VOUS DE CETTE PREMIÈRE ANNÉE DE FONCTIONNEMENT ?

Dans le cours délai dont nous disposons, l'ensemble du cadre est désormais en place. La programmation 2018 a permis la réalisation de très belles campagnes scientifiques, tandis que des dossiers de fond comme les plans de renouvellement de la Flotte et des engins profond ont été initiés et soumis au Conseil scientifique de la FOF. Nous avons formulé le souhait que l'unification de la FOF permette d'aller vers une planification pluriannuelle afin de donner à la communauté scientifique une meilleure vision de la programmation des prochaines années. L'engagement qui sera tenu en 2019 de se rendre dans le Pacifique, en y regroupant plusieurs campagnes scientifiques sur la même année, en est une belle illustration !

L'ORGANISATION

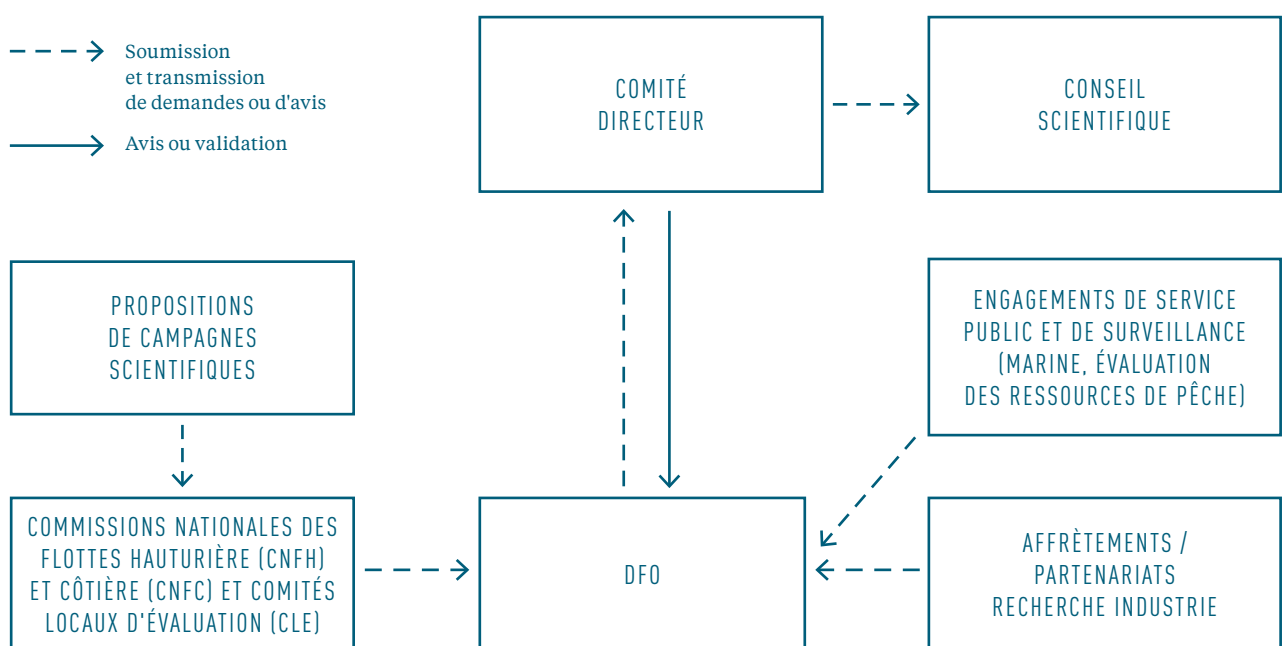
DE LA TGIR FLOTTE

Depuis le 1^{er} janvier 2018, l'Ifremer reçoit de la part du MESRI une subvention unique pour la gestion de l'ensemble de la Flotte unifiée. L'institut veille, sur la base des moyens financiers disponibles, à engager annuellement la Flotte durant 450 jours d'activités de recherches scientifiques pour les navires hauturiers et 960 sur les navires côtiers. Une direction de la TGIR Flotte océanographique française, la DFO, a été créée au sein de l'Ifremer. Elle rassemble l'ensemble des moyens techniques directement dédiés à la TGIR dont elle assure la programmation et le développement.

La DFO s'organise autour d'un pôle opérations navales, des deux unités d'ingénierie (Navires et Systèmes embarqués, NSE, et Systèmes Sous-marins, SM), et d'une équipe de direction. Elle est sous assurance Qualité.

La nouvelle structure se caractérise par une gouvernance permettant de s'assurer du respect du cahier des charges de la programmation et d'associer de manière équilibrée toutes les parties prenantes :

- un *Comité directeur* devant lequel rapporte la direction de la Flotte. Il est présidé par le Ministère en charge de la recherche. Il est composé d'un représentant du CNRS, de l'IRD, de l'Ifremer ainsi que des universités utilisatrices (réseau des universités marines). Les décisions du comité se prennent à l'unanimité par consensus entre les divers membres;
- une gouvernance scientifique (*Conseil Scientifique* composé de 12 membres) et des structures d'évaluation (CNFH - Commission Nationale de la Flotte Hauturière, CNFC - Commission Nationale de la Flotte Côtière - et CLC - Comités locaux d'évaluation) sont chargés de l'évaluation scientifique des demandes de campagnes.



LES PREMIÈRES ORIENTATIONS

PRISES PAR LE COMITÉ DIRECTEUR DE LA TGIR FLOTTE

Le comité directeur de la TGIR Flotte océanographique française s'est réuni à quatre reprises en 2018. Il a arrêté la composition du Conseil Scientifique de la TGIR Flotte océanographique française, ouvert à des membres d'autres pays européens, qui s'est réuni pour la première fois les 18 et 19 décembre 2018. Il a également validé les nouveaux mandats et la constitution des commissions d'évaluation, dont les mandats étaient échus fin 2018. Garant du fonctionnement de la TGIR et du service rendu à ses utilisateurs, il a approuvé en octobre 2018 le projet de calendrier et de budget de la Flotte pour 2019, présentés par la direction de la Flotte.

Les orientations stratégiques, telles que les renouvellements de navires ou d'équipements, sont également du ressort du comité directeur de la Flotte océanographique française. Le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a souhaité début 2018 que la direction de la Flotte finalise une proposition de plan d'évolution de la Flotte à l'horizon 2035 qui couvre non seulement les navires, mais aussi les systèmes sous-marins et équipements mi-lourds de la Flotte.

Ce plan, qui s'appuie sur les travaux conduits en 2017 par l'ancien conseil d'orientation scientifique et technique de la Flotte a reçu l'aval du nouveau conseil scientifique de la Flotte en décembre 2018, a été entériné dans ses principes par le comité directeur de la Flotte fin 2018, et fera l'objet d'une transmission officielle au MESRI en 2019 :

- Concernant le futur des engins d'interventions «grands fonds», il est prévu que *Nautille* soit arrêté à l'horizon 2025, avec en parallèle la mise en Flotte d'un nouveau ROV et la modernisation de *Victor 6000*. Après avis du Conseil scientifique de la TGIR en décembre 2018, l'instruction de ce scénario, qui devrait voir entrer en Flotte le futur ROV profond à l'horizon 2024, se poursuit en 2019 par l'étape d'instruction fine des besoins de la communauté scientifique. *Victor 6000* sera modernisé par étapes, afin de profiter de certaines briques technologiques qui seront communes avec le nouveau ROV. Sa modernisation sera donc achevée dans les mêmes délais.
- Le plan prévoit la modernisation du *Pourquoi pas ?* en 2022, sous peine de ne plus disposer des équipements scientifiques nécessaires (dont les sondeurs multi-faisceaux) à la poursuite de l'activité scientifique du grand navire multidisciplinaire le plus récent. Il anticipe le besoin de remplacement de *L'Atalante* en 2030.
- À l'horizon 2034, le plan de renouvellement des navires côtiers et semi-hauturiers prévoit un navire semi-hauturier et un navire côtier par façade métropolitaine, anticipe la fin de vie rapide de *Alis* en Pacifique Ouest. Il pointe l'urgence de remplacer *Thalia* en métropole et de conserver une capacité semi-hauturière dans le Pacifique sud-ouest au-delà de la fin de vie de ces navires en 2022.

LE REGARD DU CONSEIL SCIENTIFIQUE SUR LA TGIR FLOTTE

Le Conseil Scientifique de la Flotte océanographique française s'est réuni pour la première fois les 18 et 19 décembre 2018. À cette occasion, il a eu à se prononcer sur les orientations prises pour 2019.

Le Conseil s'est déclaré très favorable à la nouvelle organisation de la TGIR, qui à ses yeux ne peut être que bénéfique à l'ensemble de la communauté scientifique marine française, aux parties prenantes concernées et aux décideurs publics en termes d'harmonisation des pratiques, de plus grande transparence des attributions des créneaux de campagne, d'optimisation de l'utilisation de la TGIR, de renforcement des capacités et de visibilité internationale. Il souligne que le renforcement du pilotage de cette TGIR par une meilleure mise en adéquation des besoins la recherche scientifique d'une part, et du financement et la capacité de développement technologique de la Flotte, d'autre part, est de nature à accélérer l'impact des recherches conduites.

Le Conseil a apprécié de pouvoir disposer d'indicateurs d'activité de la Flotte clairs et documentés et d'avoir eu accès à la bibliométrie réalisée en 2015. Il a cependant débattu de l'absence d'indicateurs qui puissent rendre compte de l'impact de la Flotte et recommande que l'excellence de la recherche de la Flotte soit documentée de manière plus exhaustive, tout en se déclarant prêt à soutenir la direction de la Flotte dans cette démarche.

Le Conseil Scientifique a examiné le dossier du renouvellement des commissions nationales hauturières (CNFH), côtière (CNFC) et des comités locaux d'évaluation (CLE). Il a approuvé les équilibres obtenus dans la composition des comités nationaux et comités locaux : disciplines, organismes d'origine et zones géographiques de travail pour la CNFC, et reconnaît avec satisfaction les efforts qui ont été déployés pour atteindre l'équilibre hommes-femmes

parmi les membres titulaires et suppléants, ainsi que dans les attributions de Présidences et vice-Présidences.

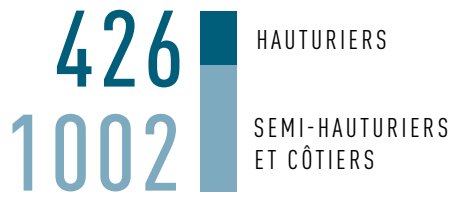
Le Conseil scientifique a approuvé également le plan de renouvellement de la Flotte qui lui a été présenté, en particulier la partie portant sur les nouveaux navires côtiers et semi-hauturiers, ainsi que le calendrier de mise en œuvre de ce plan. Le Conseil a jugé ce plan conforme aux orientations prises en 2017 à la suite des travaux de l'ancien comité d'orientation scientifique et technique et de la mission de la Flotte.

Le Conseil a cependant noté que l'observation des océans repose de plus en plus sur une approche multiplateforme et multi-engins ; il convient donc de bien prendre en compte l'utilisation d'instruments autonomes pour compléter les navires. Le Conseil a suggéré de mettre en perspective non seulement les navires, mais également l'ensemble des outils proposés dans le futur en réponse aux scénarios d'usage scientifique nouveaux attendus.

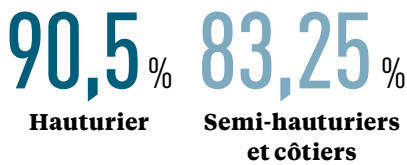
Enfin, concernant le scénario avec deux ROV profonds qui a été décidé par le MESRI et le comité directeur de la Flotte, le Conseil a pris connaissance des résultats de la phase 0 qui conclut positivement à la faisabilité d'un système ROV profond innovant doté de nouvelles capacités techniques, répondant à de nouveaux scénarios et applications scientifiques et permettant à terme la transposition virtuelle des équipes scientifiques dans les grands fonds. Le Conseil encourage la poursuite des travaux. De manière plus générale, le Conseil a considéré que toute prospective technique doit être guidée par une vision stratégique et scientifique et recommandé qu'un dialogue réciproque renforcé entre scientifiques, ingénieurs, techniciens et agences de financement se poursuive lors de la phase d'instruction du scénario à deux ROV, qui va désormais s'ouvrir.

2018 EN CHIFFRES

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE NETTE EN JOURS

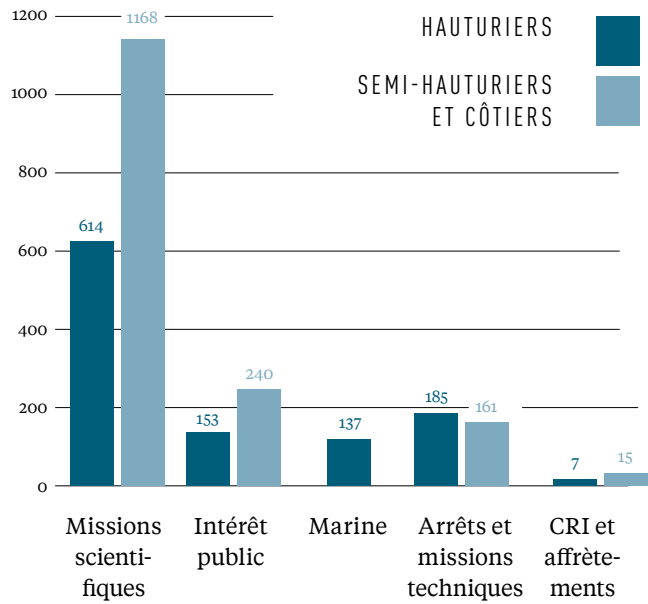


TAUX D'OPÉRATIONS TECHNIQUEMENT RÉUSSIES



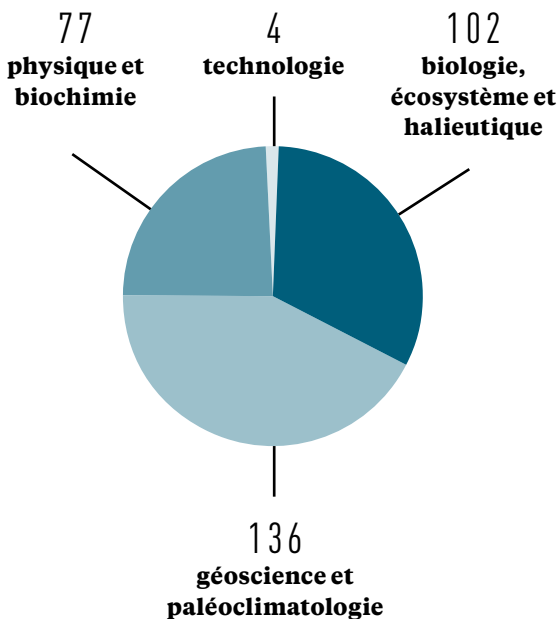
NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITÉ

transits, mobilisations et démobilisations nécessaires aux campagnes inclus



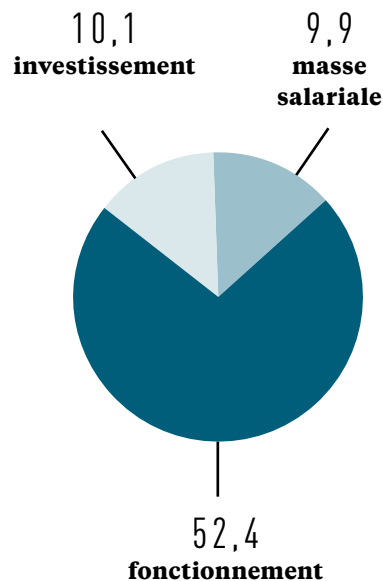
319 PUBLICATIONS

(Publications Web of science parues en 2018)



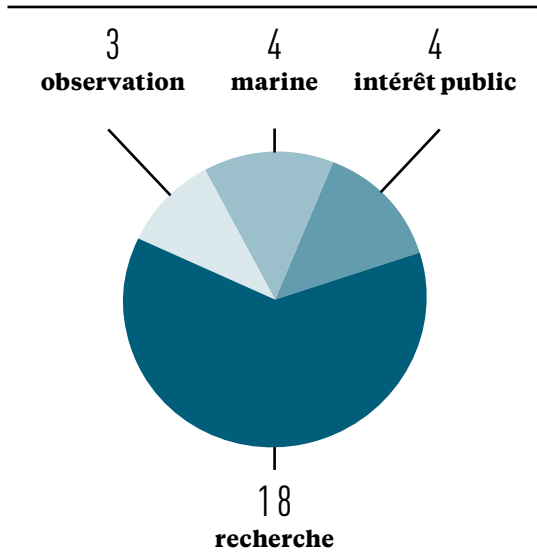
72,4 M€ DE CRÉDITS DE PAIEMENT

(soit 1/3 du budget de l'Ifremer)

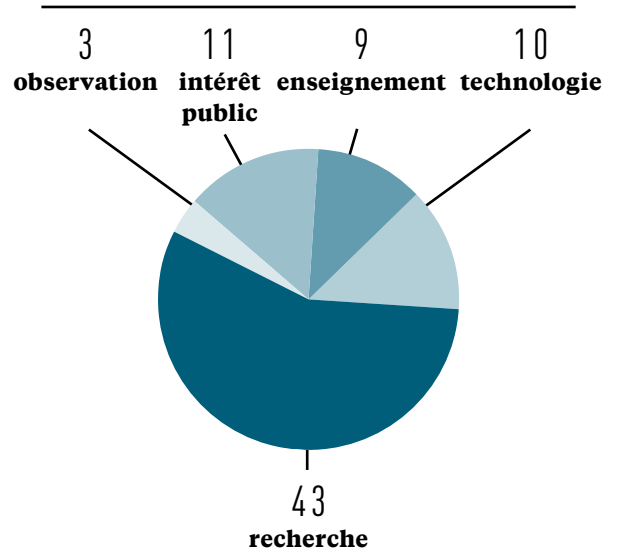


115 CAMPAGNES

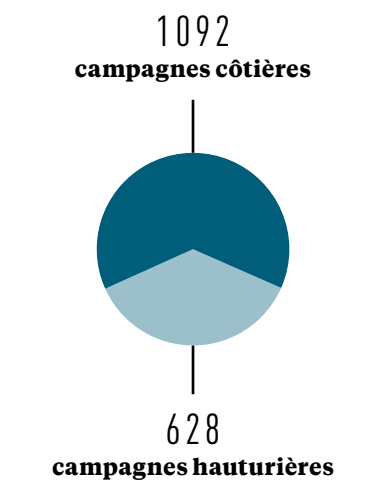
29 FLOTTE HAUTURIÈRE



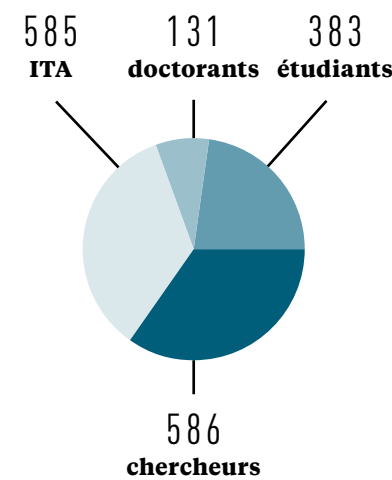
86 FLOTTE SEMI-HAUTURIÈRE ET CÔTIÈRE



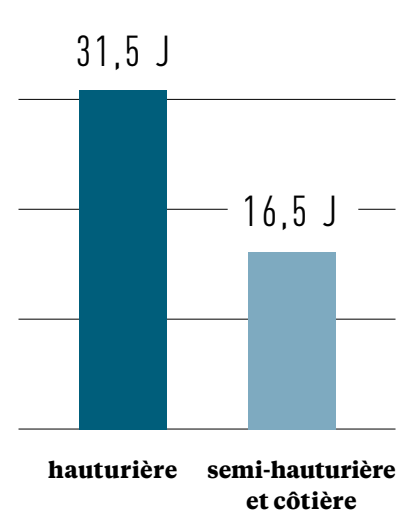
RÉPARTITION DES EMBARQUANTS



PERSONNELS EMBARQUÉS



DURÉE MOYENNE D'UNE CAMPAGNE



231 CAMPAGNES SUR LES NAVIRES DE STATION



LES MOYENS DE LA TGIR FLOTTE

La grande majorité des navires de la flotte, ainsi que les systèmes sous-marins et les équipements mobiles sont mis en œuvre par le groupement d'intérêt économique (GIE) Genavir qui est commun au CNRS, à l'Ifremer, à l'IRD et à Irstea. Y font exception : le *Marion Dufresne* qui est opéré par Louis Dreyfus Austral Seas (LDAS) ; les navires de station et les deux navires côtiers *Côtes de la Manche* et *Thétys*, qui sont opérés par le CNRS.

Il est un des seuls navires à collecter des carottes sédimentaires pouvant atteindre plus de 60 mètres de long. Les travaux de jouvence de 2015 ont largement augmenté les capacités du *Marion Dufresne*, tant au niveau des équipements scientifiques, sondeurs, laboratoires, que de l'amélioration des capacités de prélèvement et du système de carottage. Fin 2019, le navire sera doté de nouvelles capacités. Il pourra déployer le pénétromètre *Penfeld*, le ROV *Victor 6000*, ainsi que l'ensemble des sismiques de la Flotte.

LES NAVIRES HAUTURIERS

MARION DUFRESNE



© Ifremer. Olivier Quédec

Le *Marion Dufresne* est un navire polyvalent mis en service en 1995. Il assure deux fonctions principales, la recherche océanographique, sur tous les océans non glacés, sous la responsabilité de l'Ifremer, et la logistique des îles subantarctiques françaises : Crozet, Kerguelen, Amsterdam/Saint-Paul, sous la responsabilité des TAAF. Il compte parmi les plus grands navires de la Flotte océanographique mondiale (120 m de long) et couvre tous les domaines de l'océanographie (mis à part l'halieutique). Sa spécificité est reconnue sur le plan international en matière de carottage sédimentaire et d'études paléoclimatologiques : grâce à son carottier géant,

POURQUOI PAS ?



© Ifremer. Olivier Dugornay

Construit en 2005 à Saint-Nazaire, ce navire de 107 m de long a été co-financé par la Marine nationale, qui l'utilise en moyenne 130 jours par an, principalement au profit du SHOM. Navire multidisciplinaire, il est équipé de sondeurs multifaisceaux grandes profondeurs et de nombreux équipements acoustiques. Il est capable de mettre en œuvre deux systèmes sous-marins ou équipements lourds durant la même campagne. Pouvant accueillir 40 scientifiques et techniciens, il est utilisé pour de nombreuses campagnes multidisciplinaires dans tous les domaines des sciences de l'environnement. Son champ principal d'activité est l'Atlantique, la mer Méditerranée, avec des incursions dans l'océan Indien.

L'ATALANTE

© Ifremer. Olivier Dugornay

Premier navire moderne de la Flotte, *L'Atalante* (85 mètres) a été livré en 1989 et modernisé en 2009. C'est un navire multidisciplinaire équipés d'une panoplie complète d'équipements scientifiques, disposant de nombreux laboratoires et pouvant déployer *Victor 6000*, *Nautille* ou la nouvelle sismique. Il accueille jusqu'à 30 techniciens et scientifiques durant des campagnes pouvant aller jusqu'à 45 jours. C'est le seul navire hauturier de la Flotte à être déployé sur l'ensemble des océans et qui est présent dans le Pacifique en moyenne une année tous les 4 ans.

THALASSA

© Ifremer. Olivier Dugornay

Thalassa, livré en 1996, est un navire de 75 mètres de long dont une grande partie de l'activité porte sur l'écologie des populations et l'évaluation des espèces exploitées en Manche, Golfe de Gascogne et Mer du Nord. Equipé de sondeurs halieutiques et doté d'une capacité de chalutage, il a cependant été conçu comme un navire polyvalent capable de réaliser des campagnes d'océanographie physique. Depuis sa modernisation en 2017, il peut réaliser des campagnes de géosciences ou déployer le HROV *Ariane*. Il accueille jusqu'à 25 scientifiques et techniciens et travaille principalement en Atlantique et Méditerranée.

LES NAVIRES SEMI-HAUTURIERS**ANTEA**

© IRD. Morell, Marc

L'Antea, navire de recherche pluridisciplinaire de 35 mètres, construit en 1996 aux Sables d'Olonne, opère en mer méditerranée, océan Indien et Tropical atlantique. Il y réalise des missions océanographiques de physique, chimie et l'halieutique, ainsi que d'exploration de la colonne d'eau. Sa particularité, comme *l'Alis*, est de pouvoir se déplacer sur de longues distances et de permettre de réaliser des missions dans des zones éloignées.

ALIS

© IRD

Ce navire de recherche pluridisciplinaire de 29 mètres a été livré en 1987. Basé à Nouméa, il opère dans l'océan Pacifique Sud-Ouest de la Polynésie Française à la Papouasie-Nouvelle Guinée. Il réalise des missions de physique, de chimie, de biologie et d'halieutique, d'exploration de la colonne d'eau et de cartographie sous-marine. Sa chambre hyperbare lui permet d'entreprendre des missions de plongée sous-marine.

LES NAVIRES CÔTIERS MÉTROPOLITAINS

CÔTES DE LA MANCHE



© CNRS/ INSU

Le *Côtes de la Manche*, mis en service en 1997 effectue des missions de recherches scientifiques d'une dizaine de jours principalement en Manche Atlantique dans les domaines des géosciences marines, de l'océanographie physique et biologique, de la bio-géochimie et de la chimie des océans. Il contribue aux missions d'observation à long terme de l'environnement marin et à des missions de recherches et d'essais dans les différents domaines de la technologie marine. Il effectue également des missions d'enseignement pour les universités.

HALIOTIS



© Ifremer. Olivier Dugornay

La vedette océanographique *Haliotis* offre une plateforme de cartographie, basée prioritairement sur l'imagerie acoustique permettant d'obtenir des informations précises et fiables sur la nature et la morphologie de cette frange littorale des très faibles fonds. Déployé et opéré par deux marins sur l'ensemble du littoral métropolitain et en Corse grâce à un semi-remorque, mais également outremer, *Haliotis* est le complément indispensable des navires côtiers.

L'EUROPE



© Ifremer. Olivier Dugornay

L'Europe est un catamaran de 29,60 mètres construit en 1993 aux Sables d'Olonne, qui opère en mer Méditerranée. Il est conçu pour réaliser des missions variées liées en particulier à la recherche halieutique et à l'environnement littoral. Il est utilisé pour effectuer des chalutages conventionnels profonds (jusqu'à 1300 mètres), des chalutages pélagiques et expérimentaux, le déploiement d'engins dormants (filets maillants, palangres, casiers, ...), des travaux de sismique, de sédimentologie et des prélèvements hydrologiques.

TÉTHYS II



© CNRS/ INSU

Le *Téthys II* est un navire océanographique de 24,9 mètres, livré en 1996. Il effectue des missions de recherches scientifiques principalement en mer Méditerranée. Ce navire côtier instrumenté satisfait aux besoins des chercheurs dans le domaine des géosciences marines, de l'océanographie physique et biologique, la bio-géochimie et la chimie des océans. Il contribue également aux missions d'observation à long terme de l'environnement marin et à des missions de recherches et d'essais dans les différents domaines de la technologie marine. Il peut également effectuer des missions d'enseignement pour les universités.

THALIA

© CNRS/ INSU

Ce navire de recherche de 24,5 mètres, construit en 1978 à Cherbourg, opère en Manche et dans le Golfe de Gascogne. C'est un navire polyvalent utilisé pour des campagnes d'environnement côtier et d'évaluation des ressources. Il est équipé pour conduire des campagnes de cartographie, grâce à son sondeur multifaisceaux petits fonds, des mesures d'hydrologie, de la vidéo sous-marine, des prélèvements par benne et drague, ainsi que des essais acoustiques ou sismiques.

ANTEDON II

© CNRS/ INSU

L'Antedon II est dédié aux activités côtières océanographiques sur une zone qui va de Fos sur mer à la Ciotat. Ses activités se partagent entre une mission d'observation à long terme sur des sites d'études pérennes (SOMLIT-SOFCOM), des missions d'enseignement, la mise en œuvre instrumentale des projets scientifiques et des essais technologiques.

LES NAVIRES DE STATION**ALBERT LUCAS**

© CNRS/ INSU

L'Albert Lucas, armé en pêche côtière, opère jusqu'à 20 milles des côtes, principalement dans les zones de la rade de Brest et la mer d'Iroise. Il est mobilisé en soutien aux diverses activités d'observation, de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marine, biogéochimie et océanographie.

NEOMYSIS

© CNRS/ INSU

Le Neomysis opère jusqu'à 20 milles des côtes, principalement dans un rayon de 30 milles autour de Roscoff (entre l'Aber Wrac'h et la Baie de Lannion). Il est mobilisé en soutien aux diverses activités d'observation, de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marine, biogéochimie et océanographie, ainsi que pour la collecte de matériel biologique destiné au Centre de Ressources Biologiques Marines.

NERÉIS II

© CNRS/ INSU

L'activité de *Néréis* se concentre en grande partie sur la zone de la côte Vermeille, de la côte jusqu'au point MOLA, situé à la verticale du canyon Lacaze Duthiers à 20 milles au large de Banyuls sur Mer Roussillonnaise. Le navire effectue des missions de recherche, d'observation, d'enseignement, d'aquariologie, mais aussi des missions de médiation scientifique et de technologie marine avec le maintien du pool de bouées instrumentées de l'Observatoire.

SAGITTA III

© CNRS/ INSU

Le *Sagitta III* opère jusqu'à 20 milles des côtes, principalement dans les zones de la rade de Villefranche et de la Bouée Boussole. Il est mobilisé en soutien aux diverses activités d'observation, de recherche et d'enseignement en biologie et écologie marine, bio géochimie, sismique et océanographie.

PLANULA IV

© CNRS/ INSU

Les activités du navire *Planula IV* se concentrent exclusivement dans le bassin d'Arcachon, les conditions de navigation dans les passes excluant les missions « hors lagune ». Trois quarts de ses missions sont dédiées à la recherche et l'observation et un quart à des activités d'enseignement (école thématique et initiation à l'océanographie). Les engins les plus communément maniés du bord sont les dragues, bennes, filets à plancton, bouteilles, sondes et SPI (*Sediment Profile Imager*).

SÉPIA II

© CNRS/ INSU

Le *Sépia* armé en pêche côtière, opère jusqu'à 20 milles des côtes, principalement dans une zone maritime comprise entre Dieppe et la frontière belge ; il peut également réaliser des traversées vers la côte anglaise. Il est mobilisé en soutien aux diverses activités d'observation, de recherche et d'enseignement en biologie, écologie marine, bio-géochimie et bio optiques. Le navire effectue également des études d'impact de centrales nucléaires et d'industrie chimiques sur les eaux marines et les fonds marins.

LES ENGINES LOURDS ET MOBILES

LE CAROTTIER GÉANT CALYPSO



© Ifremer. Stéphane HOURDEZ

Le carottier *Calypso* du *Marion Dufresne* ou du *Pourquoi pas ?* est un carottier à piston utilisé pour le prélèvement d'échantillons très longs de sédiments non perturbés. Déployé à l'aide d'un câble aramide presque sans poids dans l'eau, il opère aussi profond que la longueur du câble le permet.

LE HROV ARIANE



© Ifremer. Olivier Dugornay

Le ROV hybride *Ariane* est une nouvelle génération d'engins sous-marins télé-opérés, qui intègre sa propre source d'énergie sous forme de batteries. Ainsi, l'unique lien avec la surface est une fibre optique. *Ariane* est déployé à partir des navires océanographiques de la Flotte Côtière notamment *L'Europe*, *L'Antea* et le *Côtes de la Manche*.

Il permet des plongées jusqu'à des immersions de 2500 mètres, pour des missions d'intervention, de prélèvement, d'inspection ou de cartographie optique et acoustique. Equipé de caméras HD et d'un appareil photo numérique orientable, *Ariane* effectue des inspections optiques de haute qualité et la réalisation de photogrammétriques (ou cartographie optique 3D) haute résolution.

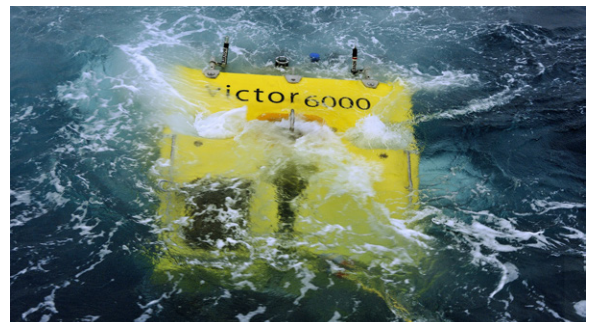
LE SOUS-MARIN NAUTILE



© Ifremer. Stéphane Lesbats

Le *Nautilus* est un sous-marin habité conçu pour l'observation et l'intervention jusqu'à des fonds de 6 000 mètres. Ses domaines d'intervention sont la reconnaissance de zones, les mesures physiques, le prélèvement d'échantillons et la manipulation d'outillages spécifiques, la recherche, localisation, investigation et assistance au relevage d'épaves. Il est opéré avec trois personnes : un pilote, un co-pilote et un scientifique.

LE ROBOT TÉLÉOPÉRÉ VICTOR 6000

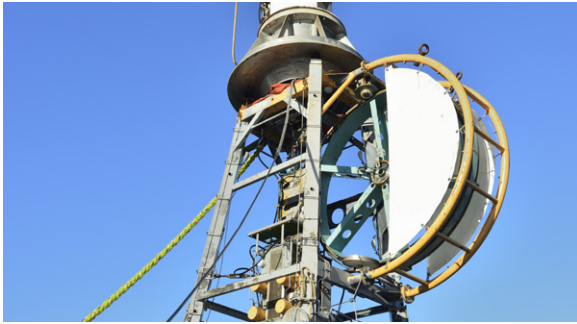


© Ifremer. Michel Gouillou

Victor 6000 est utilisé à la mer depuis sa mise en service en 1999. Dédié à la recherche scientifique dans le domaine de l'océanographie, *Victor* est un système télé-opéré grande profondeur, instrumenté et modulaire, capable d'effectuer de l'imagerie optique de qualité, d'emporter et opérer divers équipements et outillages scientifiques. Son système d'imagerie optique haute résolution photo et vidéo garantit une perception optimale de l'environnement. *Victor 6000* peut également générer des reconstructions 3D optiques de la zone observée. Il est ainsi capable de mener des campagnes de surveillance et d'identification de zones d'études, d'étudier des zones nécessitant l'inspection vidéo et acoustique. Il peut récolter des données et effectuer des manipulations, la réalisation

des mesures physico-chimiques *in situ*, des prélèvements d'eau ou de sédiments. C'est également une plate-forme performante de développement technologique.

LE PÉNÉTROMÈTRE PENFELD



© Ifremer. Stéphane Lesbats

Le pénétromètre *Penfeld* est un appareil de mesures géotechniques. Posé sur le fond, il effectue des mesures à l'aide d'une pointe instrumentée dans le sédiment. Le pénétromètre est conçu pour travailler jusqu'à une profondeur d'eau maximale de 6 000 mètres. Il est doté d'une tige qui s'enfonce dans le sédiment sur une profondeur de 30 mètres. La tige de 36 mm de diamètre est enroulée sur un tambour de 2,20 mètres de diamètre et redressée plastiquement lors de la pénétration suivant la technique du *coiled tubing*. L'appareil est relié au navire par un câble porteur. Il est autonome en énergie (batteries au plomb en équi-pression).

LES ÉQUIPEMENTS SISMIQUES

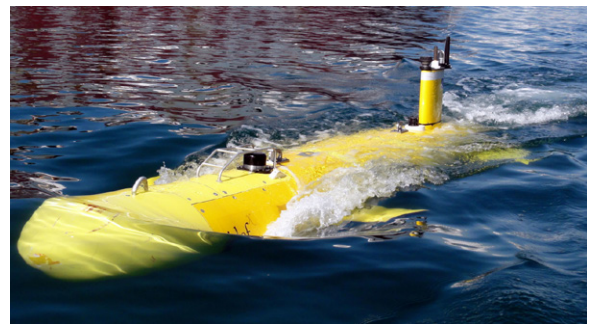


© Ifremer

Les équipements de prospection sismique marine sont des outils largement utilisés pour explorer la croûte océanique à des profondeurs variant de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Le parc d'équipements sismiques est entièrement modernisé. Trois systèmes, SMT, HD et SISRAP, sont aujourd'hui disponibles. Ces équipements sont constitués d'une

source acoustique (compresseurs et canons à air) associée à un ensemble de capteurs de réception répartis le long de câbles pouvant atteindre plus de 6 km tirés par le navire. Les nombreuses configurations disponibles pour les équipements permettent de répondre à une grande partie des demandes scientifiques dont les zones d'intérêt s'étendent des environnements côtiers aux grands fonds, et dont les objectifs en termes de résolution et de profondeur de pénétration dans les sédiments sont très variés.

LES AUV ASTER^x ET IDEF^x



© Ifremer

Les engins *Aster^x* et *Idef^x* sont des véhicules sous-marins autonomes de type AUV dédiés à la reconnaissance scientifique pour les plateaux et marges continentales jusqu'à 2 850 mètres de profondeur. Ils réalisent des plongées sans lien physique avec le navire en surface et sans contrôle par un opérateur. Ils disposent d'un catalogue de charges utiles propres, telles que des sondeurs multifaisceaux ou de sédiments, des profileurs de courant, CTD, magnétomètres et d'autres équipements embarqués « utilisateur » grâce à des interfaces adaptables. La complémentarité avec les engins téléopérés (*Victor 6000*) ou habité (*Nautile*) représente un gain d'efficacité en fournissant notamment des cartes et données de haute résolution pour affiner les cibles des plongées des engins « lourds ».

INGÉNIERIE, RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

LES DÉVELOPPEMENTS MAJEURS CONDUITS EN 2018

L'année 2018 a été marquée par des développements significatifs et technologiques contributifs à la qualité des outils mis à disposition de la communauté.

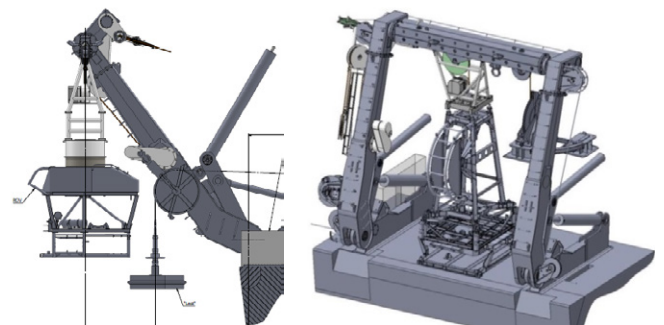
Ainsi, le parc sismique a fini d'être renouvelé afin de répondre aux nouveaux besoins de la communauté scientifique. Des travaux ont été entrepris sur les navires, comme l'adaptation du portique du *Marion Dufresne*. Les engins ont également été améliorés : le ROV *Victor* a ainsi été doté d'une caméra 4 K, le grand carénage du *Nautille* visant à le maintenir en Flotte jusqu'en 2025 a été réalisé et les essais de mise au point des derniers modules développés pour le HROV *Ariane* ont été conduits. L'évolution des pratiques n'a pas été en reste et la téléprésence a fait l'objet d'une campagne d'essais en conditions réelles, qui a montré des possibilités prometteuses en matière d'enseignement.

AMÉLIORATIONS DU MARION DUFRESNE

Malgré une première phase de travaux ayant permis à l'IPEV d'installer un nouveau portique arrière, le *Marion Dufresne* n'est pas encore en capacité de déployer *Victor 6000* ou le *Penfeld*. Afin de pouvoir réaliser des travaux de mise en conformité en septembre 2019, des études ont été menées en 2018 pour instruire la faisabilité du déploiement de *Penfeld* et de *Victor 6000*, moyennant des adaptations assez significatives du portique arrière.

Ces modifications consistent essentiellement au rajout d'une couronne de maintien pour bloquer les mouvements des engins, un système de reprise de mou/absorbeur de chocs sur la ligne de levage du treuil et un ensemble de poulies pour permettre le bon cheminement de la ligne de levage du *Penfeld* depuis la sortie de pont du navire.

De la même façon, les études concernant l'intégration de la sismique sont en cours et permettront de déployer les nouveaux équipements sismiques après l'arrêt technique de fin 2019.

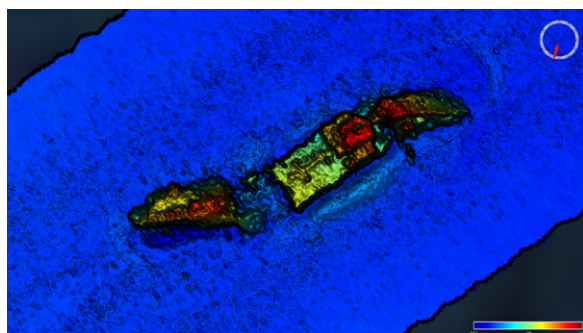


L'adaptation du portique du *Marion Dufresne*.
© Ifremer

MODERNISATION DU THALASSA

Suite à l'avarie propulsion apparue début novembre, la fin d'année 2017 a été très perturbée par le délai mis par le fournisseur à identifier l'origine des avaries et à les traiter, ce qui a conduit à annuler la quasi-totalité de la campagne **Evohe 2017**.

Une solution définitive a été mise en œuvre et testée courant décembre et début janvier 2018. Suite à ces interventions, la mission **IBTS** prévue entre le 23 janvier et le 12 février 2018 a pu se dérouler de façon normale. Dans la suite de la modernisation, une campagne d'essais techniques menée fin avril a permis d'effectuer des mesures de bruit rayonné et de confirmer que moyennant quelques améliorations ponctuelles, le navire est désormais conforme à la courbe de bruit rayonné dans l'eau ICES209, standard des navires de recherche halieutique européens. La recette à la mer du sondeur grand fond EM304 a été effectuée en septembre. D'une manière générale, le niveau de bruit propre du sondeur est excellent : la portée spécifiée est atteinte (5.5 fois la profondeur jusqu'à 1 500 m et de l'ordre de 8 km au-delà, au moins jusqu'à 4 500 m) et la précision bathymétrique relative est largement conforme aux spécifications. Le levé de l'épave du navire *Boehlen* a pu être effectué avec le nouveau sondeur petits fonds EM2040 et sa nouvelle option « extra-détection » (davantage de détections par faisceau), fournissant un beau résultat de la capacité de détection automatique dans la colonne d'eau.



Levé de l'épave du navire *Boehlen* © Ifremer

JOUVENCE DU PARC SISMIQUE

Le projet de renouvellement des équipements sismiques a été lancé fin 2013 afin de mettre à disposition de la communauté scientifique des équipements sismiques performants. Cinq années ont été nécessaires pour mettre progressivement au point les nouveaux équipements, avec des phases d'études, l'achat, l'intégration de ces équipements à bord des navires et les essais de validation en mer. Le budget investissement total du projet pour les années 2014-2018 est de 8 505 k€ (dont 1 500 k€ apporté par le FEDER et 2 400 k€ par le CPER Bretagne).

La dernière étape de la modernisation des équipements sismiques s'est terminée en 2018, avec les essais puis la mise en service de la nouvelle source sismique SMT.

La qualité du signal acoustique a été largement améliorée grâce à une synchronisation très précise des canons à air et une très bonne stabilité de la géométrie du gréement. Cette source a été utilisée pour la première fois durant la campagne **ILAB SPARC** fin 2018. Les premiers traitements de données ont ainsi montré que les signaux émis par cette nouvelle source étaient détectés par les OBS (*Ocean Bottom Seismometers*) jusqu'à des distances de 750 km, ce qui n'avait jamais été réalisé précédemment. Ces résultats devraient permettre de mieux caractériser la croûte océanique, ainsi que la partie supérieure du manteau, et d'améliorer la compréhension des phénomènes qui s'y déroulent.

Trois équipements entièrement modernisés, SMT, HR et SISRAP, sont aujourd'hui disponibles :

- Equipement SMT : un dispositif 2D comprenant une flûte sismique de 6000 m de long et une source sismique optimisée pour les acquisitions sismiques réflexion et réfraction.
- Equipement HR : un dispositif 2D ou 3D comprenant 2 flûtes sismiques de 600 m de long, qui peuvent être configurées différemment en fonction des objectifs scientifiques et de la taille du navire support (3D ou 2D avec une flûte de 600 ou 1200 m).
- Equipement SISRAP : un dispositif 2D comprenant une flûte sismique de 300 m remorquée à 8-10 nœuds.

Les nombreuses configurations disponibles pour les équipements SMT, HR et SISRAP, permettent désormais de répondre à un très grand nombre de demandes scientifiques dont les zones d'intérêt s'étendent des environnements côtiers aux grands fonds, et dont les objectifs en termes de résolution et de profondeur de pénétration dans les sédiments sont très variés. Les équipements, qui ont été mis en service par étapes, ont déjà permis de réaliser plusieurs campagnes dont les données ont fait l'objet de publications dans des revues scientifiques et sur lesquelles les retours des équipes scientifiques sont très positifs (TECTA, GHASS...).

Les nombreuses réponses aux deux derniers appels d'offres de la CNFH (Commission Nationale de la Flotte Hauturière) montrent l'attente qui existait pour ces nouveaux équipements sismiques dans la communauté scientifique (11 demandes pour 2019 et 9 demandes pour 2020).

VICTOR 6000 EN 2018

5 campagnes
38 plongées
636 heures de plongée à des immersions
entre 1700 et 3100 mètres

Une caméra 4K a été intégrée à titre expérimental pour les campagnes scientifiques de l'été 2018 sur *Victor 6000*. Le flux d'images remontées par le câble était de résolution et de sensibilité supérieure à la caméra HD en place, et disponible en 4K sur un écran installé au PC scientifique de *L'Atalante*. Le retour d'expérience est très positif de la part des utilisateurs scientifiques. L'intégration définitive comprenant la chaîne complète de diffusion et d'enregistrement de la vidéo très haute résolution sera réalisée dans le cadre de la modernisation du système.



Assemblage du Nautille en dernière phase du Grand Carénage. © Ifremer

NAUTILLE EN 2018

2 campagnes
23 plongées
immersion moyenne de 3 400 mètres

Un grand carénage complet a été réalisé en 2018 afin de pouvoir attendre l'arrivée d'un nouveau ROV (2024-25) sans rupture capacitaire au niveau des engins d'intervention grands fonds. Le grand carénage a démarré en avril 2018 et s'est terminé fin janvier 2019, afin d'être prêt pour une mission d'essais techniques de qualification. Le grand carénage permet d'effectuer toutes les opérations de maintenance, avec un démontage complet du sous-marin : contrôles non-destructifs des deux demi-sphères et des portes-hublots, fabrication et montage du nouveau joint équatorial. Le traitement des obsolescences est également réalisé : système informatique surface, chargeurs des batteries, nouvel ensemble d'éclairage à LED et caméras vidéo. Un réaménagement partiel de l'intérieur de la sphère habitée a été réalisé, de nouveaux variateurs de propulsion ont été installés et une évolution du sonar a été mise en place.



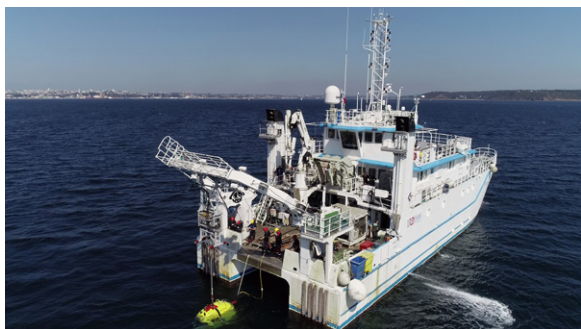
Nouvelle face avant du Nautille avec de nouveaux projecteurs à LED © Ifremer

PROJET D'AUV PROFOND CORAL

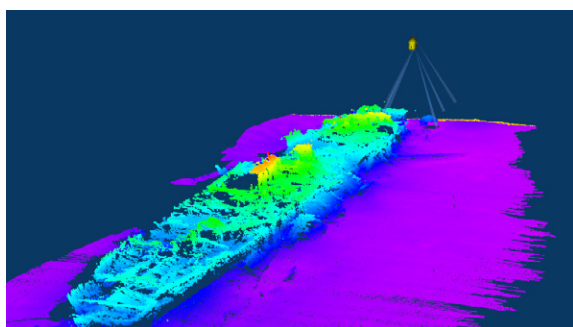
L'avancement du projet CORAL (AUV 6 000 mètres) se poursuit conformément au contrat établi avec la société ECA Robotics fournisseur du véhicule. La revue de conception des études de détail a eu lieu en novembre 2018 et a permis de valider le design proposé. L'analyse des calculs analytiques indique la conformité du design des enceintes et de la charpente aux exigences de tenue mécanique imposées. Le dimensionnement des actionneurs et de l'énergie embarquée a été également validé. La totalité des éléments qui composent le véhicule est à ce jour soit en phase de fabrication, soit au stade de l'intégration, avec pour objectif une recette à terre de l'engin courant 2019.

PREMIÈRE MOBILISATION D'ARIANE SUR L'ANTEA

Programmée entre le 1 et le 10 septembre 2018, **ESSHROV-AN-2018** a été la première campagne du HROV *Ariane* sur l'*Antea*. Après une phase préliminaire d'installation bord, une première plongée d'essai a été effectuée dans la rade de Brest. La campagne s'est poursuivie avec au total quatre plongées, deux au large d'Ouessant en faible fond, puis deux à 2 500 m dans le Canyon de Lampaul, qui ont permis de valider l'opération du HROV depuis ce navire. En parallèle, il a été possible de réaliser les essais complémentaires de la configuration « cartographie » d'*Ariane* et une première utilisation scientifique fin septembre lors de la campagne **CYLICE-ECO**.



Déploiement d'*Ariane* en rade de Brest.
© Ifremer



Cartographie de l'épave du cargo *Boccaccio* au large d'Ouessant (100^e plongée d'*Ariane*).
© Ifremer

La dernière réunion du Groupe de Travail Scientifique a permis de finaliser une stratégie partagée pour l'approvisionnement des capteurs et des équipements scientifiques qui seront intégrés sur l'AUV dans le cadre du deuxième pilier du projet CORAL.

Le projet a organisé le 5 juillet une journée CORAL en collaboration avec le groupe robotique du Pôle Mer Méditerranée, afin de communiquer sur l'avancement du projet et d'informer les représentants des services de la région SUD de la dynamique économique au sein de l'Alliance CORAL animée par l'Ifremer. Le projet a également été invité au workshop MATS – *Marine Autonomy and Technology Showcase* à Southampton (U.K.) – pour présenter les challenges adressés par ce nouvel AUV.



Présentation du projet Coral.
L. Brignone au workshop MATS organisé par le *National Oceanographic Center* à Southampton.

AUVS CÔTIERS

En octobre, l'AUV *Aster^x* a participé à la deuxième campagne du projet ANR **TURBIDENT** : mesures de courantométries alliant la zone sub-surface à la colonne d'eau jusqu'au fond, sur des radiales, visant à la compréhension des processus de surface et à l'amélioration des modèles numériques de prévision. *Aster^x* a mis en œuvre un ADCP 1200 Hz orienté vers le haut en complément de l'ADCP standard (300kHz, utilisé pour la navigation) orienté vers le bas. Les 9 plongées ont permis de cumuler 275 km de radiales. La campagne s'inscrit dans les travaux menés ces dernières années pour le développement de la courantométrie environnementale avec les AUVs.

TÉLÉPRÉSENCE

La campagne TELEPRESENCE s'est déroulée sur *L'Europe* avec le HROV *Ariane* du 1^{er} au 7 décembre 2018. Elle visait notamment à valider la pertinence du concept de téléprésence sur les navires de la Flotte.

La téléprésence devrait permettre à un plus grand nombre de scientifiques et d'étudiants de participer, depuis la terre, aux plongées d'exploration sous-marine des engins télé-opérés. Les technologies de l'information permettent désormais d'optimiser les campagnes à la mer, compte tenu de la contrainte du nombre de places d'embarquement disponibles sur les navires. À terme, ce service sera proposé en routine sur les navires éligibles de la Flotte.

Lors de la campagne du même nom, la téléprésence a été utilisée entre le navire et la salle de conférence de l'institut Géoazur à Nice, où les données d'*Ariane* étaient projetées en direct, tandis que l'équipe scientifique à terre était en visio-conférence avec le bord. La mission est ainsi devenue un véritable outil pédagogique, intégrant les étudiants du Master 2 recherche de l'Université Geoazur (Master 3G) sur le premier semestre, avec deux objectifs scientifiques s'inscrivant dans l'étude de l'évolution tectonique et sédimentaire de la marge Ligure. Le projet a également permis de partager une plongée complète d'*Ariane* sur le banc de la Nioulargue avec l'ensemble des agents de l'Ifremer, le 3 décembre 2018 *via* l'intranet de l'Ifremer.

TÉLÉPRÉSENCE, UN PROJET PÉDAGOGIQUE INNOVANT

INTERVIEW DE FRÉDÉRIQUE LECLERC, ENSEIGNANTE-CHERCHEUSE À L'UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS, ATTACHÉE AU LABORATOIRE GÉOAZUR.



VOUS AVEZ PARTICIPÉ EN TANT QUE CO-CHEF DE MISSION À LA CAMPAGNE TELEPRESENCE QUI S'EST DÉROULÉE SUR L'EUROPE AVEC LE HROV ARIANE EN DÉCEMBRE 2018. QUELS ÉTAIENT LES PRINCIPAUX OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE CETTE CAMPAGNE ?

Lors de la campagne **Téléprésence**, nous avons deux objectifs scientifiques s'inscrivant dans l'étude de l'évolution tectonique et sédimentaire de la marge Ligure (mer méditerranée).

Nous voulions en étudier la stratigraphie, à la faveur d'une falaise sous-marine dont les parois dévoilent la succession des couches sédimentaires. L'observation visuelle de cette structure d'érosion était intéressante pour documenter la façon dont la marge s'érode et répond morphologiquement à différents facteurs.

L'objectif de la seconde plongée se focalisait sur l'observation des failles mises en évidence ces dernières années au pied de la pente continentale, de Nice à Imperia, en Ligurie. La nature de ces failles fait encore débat et l'observation visuelle ainsi que la reconstruction de modèles 3D des escarpements à partir de la vidéo du HROV *Ariane* permettraient de répondre à un certain nombre de questions à leur sujet.

LORS DE CETTE CAMPAGNE, VOUS AVEZ TESTÉ LE CONCEPT DE TÉLÉPRÉSENCE, POUVEZ-VOUS DÉCRIRE CE QU'IL APORTE ?

Nous avons utilisé le système de téléprésence, entre *L'Europe* et la salle de conférence du laboratoire Géoazur où les données du HROV *Ariane* étaient projetées en temps réel, alors que nous étions en visio-conférence avec le bord. Un système de communication permanent entre la terre et la mer est établi par le satellite du navire, avec un débit suffisant pour transmettre des images de qualité. Les outils mis en place se sont avérés de très bonne qualité et les discussions entre le bord et Géoazur étaient fluides.

La mission **Téléprésence** a été un véritable outil pédagogique. Les étudiants du Master 2 3G de UNS/UCA avaient pour objectif de monter un projet de recherche et d'observation sous-marine. Ils ont défini les questions et objectifs scientifiques des deux plongées, les ont préparées et y ont ensuite participé activement. Ils étaient encadrés par moi-même à terre et par Christophe Larroque sur le navire. La téléprésence a autorisé une analyse en groupe et des prises de décision collégiale sur la manière d'acquérir les données et de les communiquer aux pilotes du HROV par l'intermédiaire du responsable scientifique embarqué.

CE NOUVEL OUTIL AU SERVICE DES CAMPAGNES SERA PROPOSÉ EN ROUTINE SUR LES NAVIRES DE LA FLOTTE, DANS LES ANNÉES À VENIR. ENVISAGEZ-VOUS DE RENOUVELER L'EXPÉRIENCE ?

Oui, tout à fait. Le projet pédagogique a réellement bien fonctionné, les étudiants travaillent maintenant sur les données. Ils ont donc réalisé un projet scientifique de A à Z dans le cadre d'un projet très novateur.

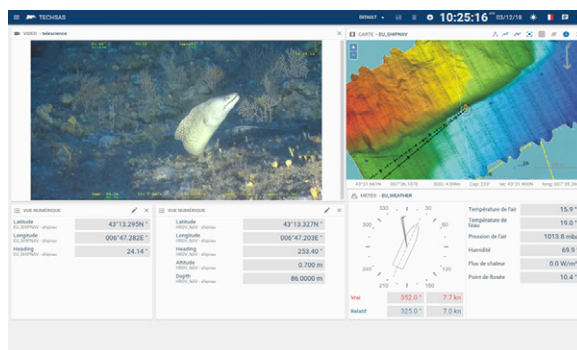
Avec l'équipe pédagogique, nous envisageons la suite. Nous déposerons une demande de campagne en 2019 pour continuer l'exploration de la marge, avec les futurs étudiants de M2, toujours en téléprésence. Nous envisageons également de collaborer avec des collègues scientifiques dont les campagnes sont programmées avec un ROV afin de suivre les campagnes.

LA SUITE LOGICIELLE *TECHSAS NG*

L'ergonomie et l'adaptabilité de *TECHSAS NG* à différents supports (mobile, tablette) sont au centre des préoccupations depuis plusieurs années.

La nouvelle version du logiciel d'acquisition et de visualisation des données acquises en mer sur les navires est maintenant fonctionnelle; il rend les données accessibles à tous les navigants *via* une page web. Sa nouvelle interface permet également de surveiller le bon fonctionnement de l'acquisition des données des capteurs.

En parallèle, le remplacement du journal de bord (CASINO+) a été initié. Le logiciel *TECHSAS* a également été déployé sur le *Marion Dufresne* en 2018. Cette installation, qui sera finalisée en 2019, permet désormais de bancariser les données acquises par le navire au SISMER. La production des données scientifiques au format NetCDF est maintenant homogène entre les navires *Marion Dufresne II*, *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*, *Thalassa* et *L'Europe*.



Nouvelle interface de *TECHSAS NG*
© Ifremer

L'ACTUALITÉ DES PROJETS DE R&D DE LA DIRECTION DE LA FLOTTE

Si la direction de la Flotte a pour objet de fournir aux équipes scientifiques nationales des outils performants, cet objectif ne peut être tenu sans une capacité à mener en interne des projets de R&D qui vont contribuer par l'apport de connaissance ou par les développements induits à la performance des moyens. Ainsi, on peut souligner la signature, en décembre 2017, de la nouvelle convention de coopération avec DGA-Techniques Navales, qui a été suivie d'une réunion de lancement le 14 février 2018, précisant les axes de coopération, largement centrés sur l'autonomie des robots, et les modalités d'organisation. Du 20 et 21 février s'est tenu un workshop de prospective sur les technologies sous-marines tenu avec le KDM allemand dans le cadre du JPI Oceans. Environ 35 personnes se sont réunies pour identifier les axes technologiques les plus prometteurs pour les sciences océanographiques.

Plusieurs projets ont par ailleurs été lancés ou ont franchi des étapes significatives.

PROJET H2020 EUMARINEROBOTS

La DFO est partenaire du projet *EuMarineRobots* (H2020-Infrastructures) et a participé au lancement du projet les 1^{er} et 2 mars 2018 à l'Université de Porto. En tant que « communauté émergente », le consortium regroupant les laboratoires de renommée européenne en robotique sous-marine (IST Lisbonne, Université de Giron, Herriot Watt Université-Edinburg ...) et des opérateurs de robots dans les domaines océanographiques (Marum, NOCS, Marine Institute...) et militaires (CMRE-OTAN), proposent un ensemble d'actions de type *Trans-National Access* (TNA) et de *Joint Research Activity* (JRA). Au titre du TNA, l'Ifremer donnera accès pour des essais techniques au HROV *Ariane* et à l'AUV *Aster*[®].

PROJET INTERREG MATRAC

Le projet *Matrac* qui a démarré en mars 2018 concerne un programme de recherche relatif à la sécurité des zones portuaires et littorales. L'Unité SM travaillera dans ce cadre sur des méthodes de surveillance de l'environnement, en prototypant sur le robot *Vortex* une stratégie de missions autonomes intelligentes basée sur la détection de cibles et le prélèvement autonome.

Ces fonctions pourront ensuite être proposées dans des programmes de monitoring et pourront ultérieurement être intégrées dans les contrôleurs temps réel des engins profonds (par exemple l'AUV 6000 Coral).

REM2040-2018

La campagne **REM2040-2018** sur *Thalia* a permis d'acquérir un premier jeu de données multi-fréquences sur la fosse d'Ouessant avec le nouveau sondeur EK-80. Ceci permettra d'améliorer le recalage avec les données multifaisceaux EM710 ou ME70 acquises par ailleurs, d'étalonner les nouveaux EK-80 en détail sur une très large gamme de fréquences et d'améliorer la méthodologie d'acquisition multi-angles et multifréquences, avec la mise en œuvre simultanée sur une perche de trois bases EK-80. Les jeux de données ainsi acquis permettront de faire progresser significativement les travaux en cours d'une part sur l'étalonnage des sondeurs et d'autre part sur la compréhension de la rétrodiffusion des fonds.

PROJET FUI ABYSOUND

La campagne **DIVACOU18-Leg2** sur *L'Europe* s'inscrit dans le cadre du projet **FUI ABYSOUND** (2017-2020) piloté par Naval Group.



Antenne ABYSOUND débordée
avec le portique sur *L'Europe*. © Ifremer

L'antenne développée dans le cadre du projet est destinée à mesurer le bruit généré par des exploitations minières ou pétrolières sous-marines. La DFO est responsable des essais mer. L'objectif de cette campagne était d'une part de tester et d'évaluer la faisabilité du déploiement du prototype d'antenne de grande dimension par petits fonds, et de vérifier les systèmes d'acquisition et d'enregistrement des containers électroniques associés à cette antenne, grâce à la mise en œuvre de deux sources sonores avec « bruit » maîtrisé. L'évaluation du système complet par des immersions d'environ 1 000 mètres est prévue en 2019 sur *L'Europe*.

ESSAIS D'IMAGERIE HYPER-SPECTRALE SUR LE ROBOT VORTEX EN MER D'IROISE

Sous la coordination scientifique de Touria Bajjouk (IFREMER-ODE-DYNECO-LEBCO) l'engin sous-marin d'expérimentation *Vortex* a été adapté pour déployer et tester une caméra hyper-spectrale sur des sites d'intérêt biologique dans la rade de Brest. L'activité s'inscrit dans le contexte du projet *Life MARHA* (Marine Habitats) dans lequel les chercheurs en biologie marine coordonnés par Touria Bajjouk étudient l'utilisation de la donnée optique hyper-spectrale pour la classification, la reconnaissance et la caractérisation des habitats sous-marins.

Les premiers essais en rade de Brest ont été effectués pendant 5 jours d'opération à la mer en présence des représentants du Parc Naturel Marine d'Iroise, des scientifiques de l'Unité DYNECO et d'une biologiste marine de la société norvégienne Ecotone qui développe la caméra hyper-spectrale utilisée. Les ingénieurs de la DFO ont mis en œuvre le *Vortex* en mode AUV équipé d'une bouée radio en surface pour permettre de suivre en temps réel la donnée acquise par la caméra hyper spectrale. Le *Vortex* a été déployé en plongée sur 6 sites dans des conditions représentatives de la zone (2 nœuds de courant, 30 nœuds de vent, faible visibilité au fond).

Plusieurs outils de cartographie optique et positionnement disponibles sur *Vortex* ont été utilisés en parallèle de la caméra hyper spectrale pour cartographier et géo-référencer la donnée sur des habitats côtiers en rade de Brest. Les données acquises sont actuellement en cours de traitement par la DFO en collaboration avec la société Ecotone.



L'AUV expérimental *Vortex* en survol, à 1 mètre d'altitude, des habitats d'intérêt en rade de Brest. © Ifremer

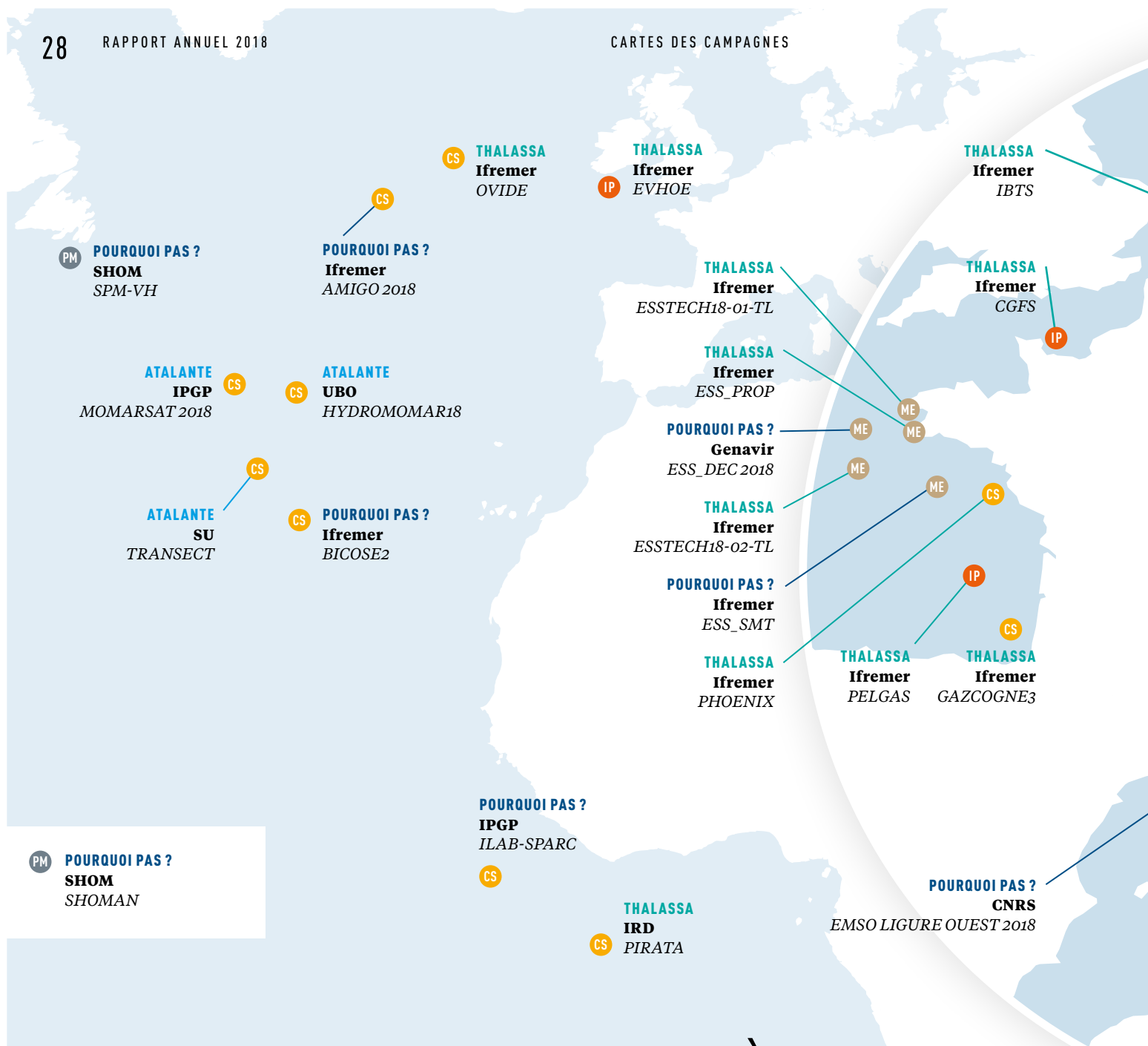


Déroutement des opérations en présence des représentants du Parc Naturel Marine d'Iroise et des scientifiques ODE-DYNECO. © Ifremer



CARTES
DES CAMPAGNES
2018





FLOTTE HAUTURIÈRE

MISSIONS

- PM** Partenariat Marine nationale
- IP** Intérêt public
- CS** Campagne scientifique
- ME** Missions d'essais techniques

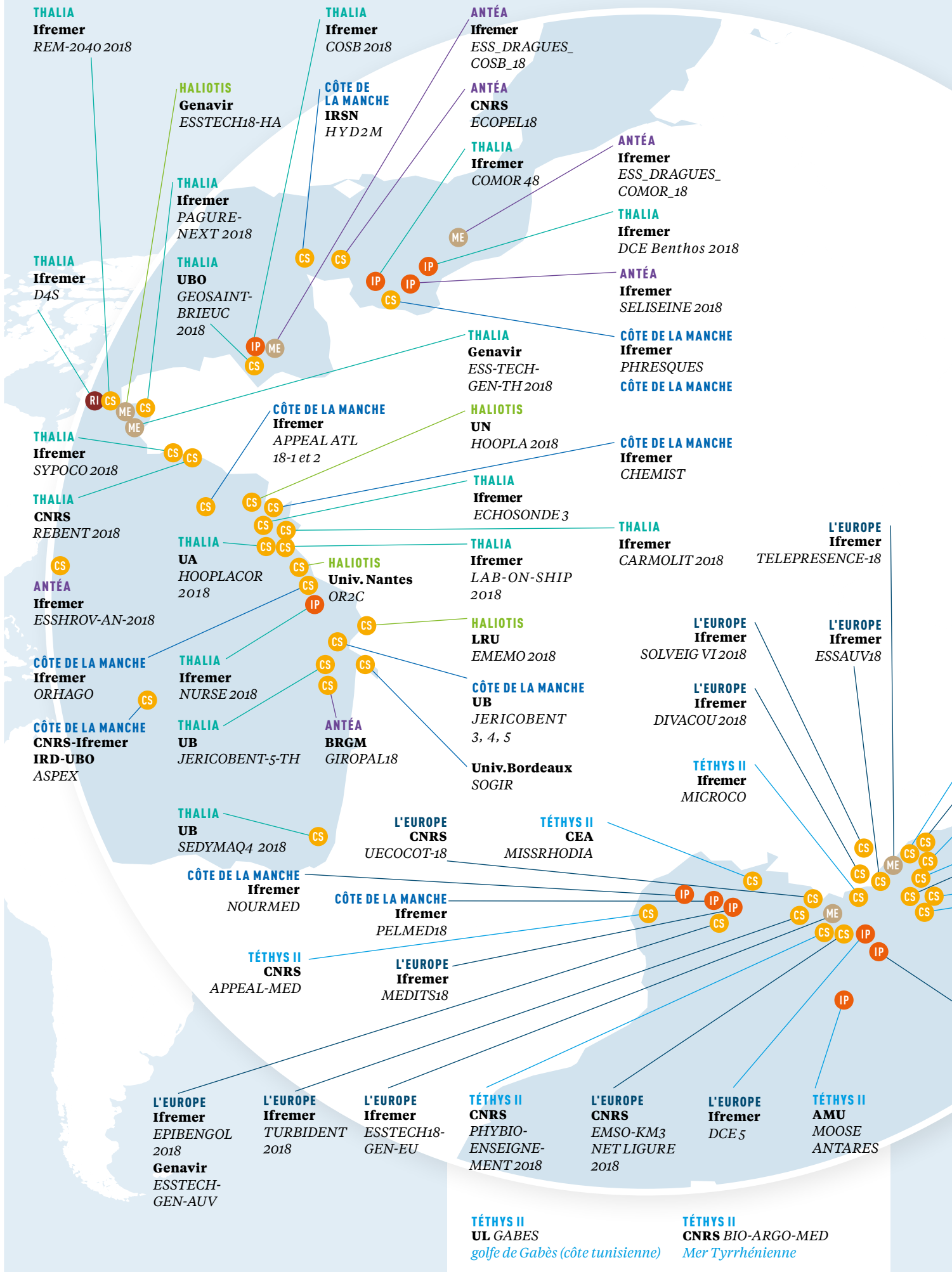
NAVIRES

- MARION DUFRESNE**
- POURQUOI PAS ?**
- L'ATALANTE**
- THALASSA**

ORGANISMES

- CNRS** . . Centre national de la recherche scientifique
- Genavir** Groupement pour la gestion de navires de recherche
- Ifremer** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
- IPGP** . . . Institut de physique du globe de Paris
- IRD** Institut de recherche pour le développement
- MNHN** . Museum national d'histoire naturelle
- NIOZ** . . . Netherland institute for sea research
- SHOM** . . Service hydrographique et océanographique de la Marine
- SU** Sorbonne Université
- UBO** Université de Bretagne Occidentale
- UPS** Université Paris-Sud





FLOTTE CÔTIÈRE ET SEMI-HAUTURIÈRE

MISSIONS

- RI** Partenariat recherche-industrie
- IP** Intérêt public
- CS** Campagne scientifique
- ME** Missions d'essais techniques

NAVIRES

- ALIS**
- ANTÉA**
- L'EUROPE**
- CÔTES DE LA MANCHE**
- TÉTHYS II**
- THALIA**
- HALIOTIS**

ORGANISMES

- AD** Adecal Technopôle Nouvelle Calédonie
- AMU** Aix-Marseille Université
- BRGM** Bureau de recherches géologiques et minières
- CEA** Commissariat à l'énergie atomique
- CNRS** Centre national de la recherche scientifique
- CPS** Communauté du Pacifique
- Genavir** Groupement pour la gestion de navires de recherche
- IAEA** Agence internationale de l'énergie atomique
- Ifremer** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
- IRD** Institut de recherche pour le développement
- IRSN** Institut de radioprotection et de sureté nucléaire
- LRU** La Rochelle Université
- SU** Sorbonne Université
- UA** Université d'Angers
- UB** Université de Bordeaux
- UBO** Université de Bretagne Occidentale
- UC** Université de Corse
- UL** Université de Lille
- UN** Université de Nantes
- UNS** Université Nice-Sophia-Antipolis
- UPS** Université Paris-Sud

TÉTHYS II
CNRS
SEAFOOD TECHNO

L'EUROPE
UNS
FLUID3D 2018

TÉTHYS II
SU
ALPARRAY
LIGURE
2018

L'EUROPE
Ifremer
ESSHROV18

TÉTHYS II
IAEA
PROFREMI 2018

L'EUROPE
Ifremer
REVERSE18

L'EUROPE
UC
CARBONSINK

TÉTHYS II
Ifremer
DCE 5-2

TÉTHYS II
AMU
MOOSE BOUSSOLE

TÉTHYS II
AMU
MOOSE DYFAMED

ALIS
IRD
CARIOCA 3

ALIS
IRD
UECOCOT
RETRAIT

ALIS
AD
SEDLAB

ALIS
IRD
UECOCOT KONE

ALIS
CPS
WALLALIS

ALIS
UBO
WALLIS 2018

ALIS
IRD
SPOT-OUVEA

ALIS
Genavir
ESS_DEC_SMF

ALIS
IRD
MOANA-MATY

ALIS
IRD
MALIS 2018

ALIS
IRD
TUAM 2018

ALIS
CNRS
SPPIM

ACTIVITÉS DES NAVIRES

En complément de la description chronologique des campagnes 2018 ci-après, on trouvera en annexe les références détaillées de chacune des campagnes citées.

MARION DUFRESNE

Le navire a réalisé, du 2 janvier au 17 février, les campagnes de l'observatoire austral annuel OBS-AUSTRAL composées de 5 opérations distinctes, toutes évaluées ou labélisées par la CNFH. Lors de son périple le navire a touché Crozet et Kerguelen. Puis, le navire a accompli, dans la zone des Kerguelen, la campagne MOBYDICK-THEMISTO (18 février au 27 mars), qui, par une approche intégrée combinant étude de la biodiversité, des interactions entre organismes et flux de carbone, vise à étudier la pompe biologique de carbone par l'océan. Du 28 mars au 26 avril, une opération logistique (OP-2018-01) s'est déroulée aux Kerguelen au profit des TAAF. Suite au refus des Philippines de délivrer les autorisations de travaux nécessaires à la réalisation de la campagne LIGHTENED a été annulée.

Le navire a donc transité à vitesse économique vers Keelung (Taiwan) d'où est partie la campagne de carottage EAGER (05-27 juin) qui s'est achevée à Kaohsiung (Taiwan). Début juillet, la campagne de carottage long HYDROSED s'est achevée dans les eaux de Taiwan. La partie philippine de cette campagne n'a pu se réaliser car un récent moratoire philippin interdit toute recherche scientifique dans la ZEE de ce pays pour une durée de deux ans. Après un transit à vitesse économique vers l'île Maurice pour un soutage, le navire a déployé début août, dans le sud de l'océan Indien, un mouillage expérimental au profit du programme OHA-SIS-BIO, relevé durant l'observatoire austral (OBS-AUSTRAL) début 2019. La seconde opération logistique annuelle sous affrètement des TAAF (OP2) s'est déroulée de début août jusqu'au 10 septembre vers les îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Le navire a ensuite rejoint Durban en Afrique du Sud pour un court arrêt technique (1^{er} au 11 octobre). Un passage en cale sèche a permis la réparation de deux des trois courantomètres doppler (ADCP) en avarie. Une campagne d'essais techniques, ESSDEC (18 au 23 octobre), a permis la calibration de l'ensemble des équipements scientifiques du bord.

Le navire est repassé sous affrètement TAAF le 2 novembre à La Réunion et ce jusqu'à la fin de l'année 2018.

À LA RECHERCHE D'ÉVÈNEMENTS

«EXTRÊMES» DANS LES SÉDIMENTS MARINS PROFONDS AU LARGE DE TAIWAN

INTERVIEW DE NATHALIE BABONNEAU, ENSEIGNANTE-
CHERCHEUSE, LABORATOIRE GÉOSCIENCES OCÉAN.



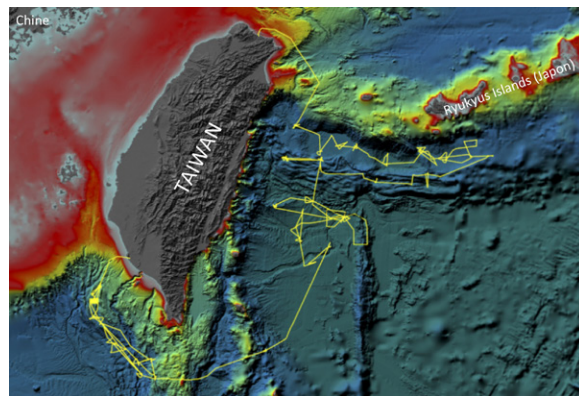
VOUS AVEZ PARTICIPÉ EN TANT QUE CHEF DE MISSION À LA CAMPAGNE EAGER QUI S'EST DÉROULÉE SUR LE *MARION DUFRESNE* EN JUIN 2018. QUELS ÉTAIENT LES PRINCIPAUX OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE CETTE CAMPAGNE ?

La campagne EAGER avait pour objectif de retrouver la trace dans les sédiments marins profonds des événements extrêmes, grands séismes, tsunamis, éruptions, méga-typhons, qui ont affecté Taiwan. L'île de Taiwan offre un cadre exceptionnel pour ce type d'étude. Son contexte géodynamique unique présente deux zones de subductions, menant à des taux de sismicité parmi les plus élevés au monde. De plus, l'île se situe dans l'axe de la *Typhoon Alley*, la soumettant à une moyenne de 4 typhons par an. Historiquement, la région a subi des événements catastrophiques marquants, tels que le séisme de Chi-Chi en 1999 ou le méga-typhon Morakot en 2009. La campagne EAGER visait à obtenir un enregistrement sédimentaire, par carottage, des événements extrêmes sur plusieurs milliers d'années, afin d'étudier les cyclicités et les variabilités de ces aléas, et *in fine* de dresser des modèles prédictifs et d'améliorer la prévention des risques.

POURQUOI LE *MARION DUFRESNE* ÉTAIT-IL LE NAVIRE IDÉAL POUR MENER À BIEN CETTE CAMPAGNE ?

Le *Marion Dufresne* offre la meilleure capacité de carottage par grand fond au monde avec des carottes longs d'excellente qualité et de nombreuses facilités pour le traitement des échantillons à bord.

Du fait de sa très grande capacité d'accueil, 49 scientifiques de onze institutions différentes étaient à bord, dont onze étudiants de Master qui ont pu participer à la campagne grâce à une Université Flottante.



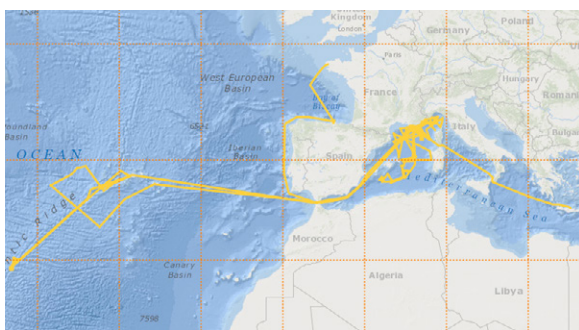
SIX MOIS APRÈS LA CAMPAGNE, QUEL EST LE PREMIER BILAN SCIENTIFIQUE DE LA CAMPAGNE ?

- 32 carottes, longues jusqu'à 46 mètres, et 14 carottes d'interface ont été prélevées. Les analyses et datations sont en cours en France et à Taiwan.
- Sur l'ensemble des sites, des dépôts gravitaires sous-marins ont été identifiés comme de potentielles signatures d'événements extrêmes et constituent un premier résultat prometteur pour obtenir des chronologies d'événements.
- Au Sud des îles Ryukyus, les dépôts gravitaires montrent une origine très distincte suggérant une mise en place lors de tsunamis. Ces dépôts représenteraient le premier enregistrement marin des tsunamis documentés à terre.
- Pour la première fois dans cette région, un épais niveau de cendres volcaniques d'âge Pleistocène a été identifié. À ce jour, le volcan à l'origine de cette méga-éruption reste inconnu, mais les analyses géochimiques permettront de l'identifier.

POURQUOI PAS ?

Début janvier, le navire a réalisé devant Toulon, sur le site Antares, la mission EMSO-Part1 (13 au 18 janvier) visant la mise en place d'un observatoire fond de mer dédié aux propriétés environnementales et à l'astronomie des neutrinos. Il a ensuite continué son programme en Atlantique pour la campagne BICOSE2 (27 janvier au 11 mars), programme multidisciplinaire intégré sur les sites hydrothermaux actifs TAG et Snake Pit de la ride médio-Atlantique. Un arrêt technique à Santander a suivi. Le programme s'est poursuivi par la mission SHOMAN2018 (15 mai au 15 juin) pour le compte du SHOM, longue mission annuelle (36 jours), puis avec la mission SPM-VH (16 juin au 1^{er} août) à St Pierre et Miquelon pour le compte de la Marine nationale. *Le Pourquoi pas ?* a fait ensuite route en Atlantique pour la mission AMIGO (carottage). En octobre, il a transité du Cap Vert, où il a achevé la mission ILABSPARC (26 août au 2 octobre) sur l'étude de la lithosphère océanique dans l'Atlantique équatorial par sismique réflexion-réfraction grand-angle. Il a ensuite rejoint Toulon en effectuant sur la route une deuxième campagne d'opportunité AMIGO. Il a ensuite été désarmé à Toulon jusqu'au 18 novembre, date de la mobilisation de la campagne SEFASILS, campagne de sismique se déroulant jusqu'à la fin novembre au large de Nice/Monaco.

L'ATALANTE



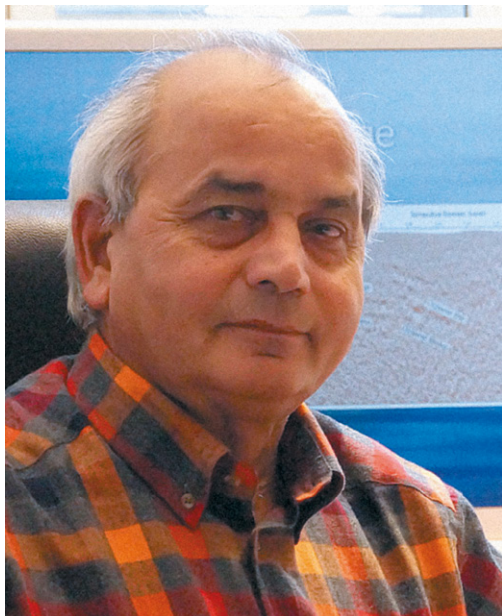
L'Atalante est resté à quai à Toulon jusqu'au début février 2018, avant de débuter une série d'essais techniques dont l'essai de la nouvelle pointe 50KN du *Penfeld* (campagne ESS_PENFELD_2018). À l'issue d'une période d'attente à quai (début mars à mi-avril), *L'Atalante* est parti en mission géophysique (WEST-MEDFLUX), jusqu'à fin avril en méditerranée autour des Baléares, puis a réalisé une mission d'essais techniques des nouveaux équipements sismiques (ESSISM), suivie de la campagne MOOSE.

Durant l'été, trois missions ont été conduites aux Açores: HYDROMOMAR, TRANSECT et MOMARSAT. La première était dédiée à la pose d'OBS, les deux autres à de l'observation, du prélèvement et de la maintenance d'observatoire avec le ROV *Victor 6000* sur la ride médio-Atlantique. À l'issue des trois missions scientifiques de l'été, *L'Atalante* est rentré en métropole pour conduire la mission RAMOGE (17 au 24 septembre), mission environnementale d'observation de site mettant en œuvre le ROV *Victor 6000* dans le golfe de Gênes et Monaco. Le navire a ensuite transité en Méditerranée orientale pour la mission d'hydrologie PROTEUS-PERLE (3 octobre au 12 novembre). *L'Atalante* est entré en arrêt technique à Santander le 18 novembre, en réalisant une opération de récupération de mouillage sur 2 jours pour le NIOZ, dans le cadre de l'OFEG, au passage sur la zone Antarès.

THALASSA

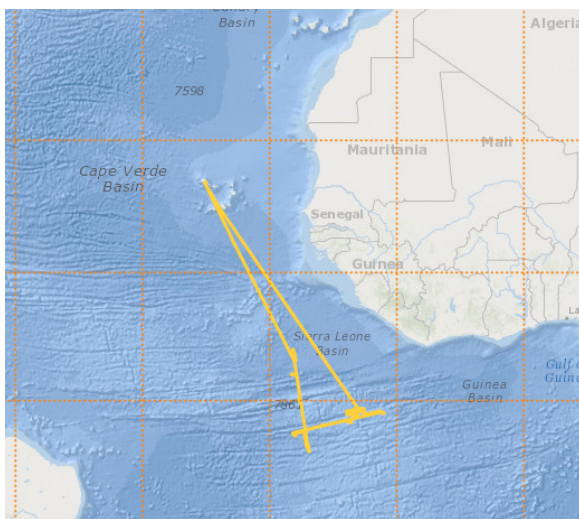
Après la mission récurrente annuelle d'évaluation des stocks IBTS (22 janvier au 12 février), le navire a poursuivi sa route vers le Cap Vert d'où il a débuté la mission PIRATA (27 février au 5 avril). Il a poursuivi son programme en Atlantique avec la mission d'essais techniques ESSTECH (19 avril au 26 avril), puis par la mission annuelle récurrente d'évaluation de stocks PELGAS (28 avril au 1^{er} juin). *Thalassa* a ensuite effectué la mission PHOENIX (3 juin au 9 juin) visant à mener des recherches technologiques pour optimiser et automatiser la collecte de données éco systémiques. Le programme s'est poursuivi par la mission OVIDE18 (11 juin au 16 juillet) sur l'observation de la variabilité de la circulation et des masses d'eau en Atlantique Nord. Cette campagne est la 9^e de la série OVIDE, il s'agit d'une section hydrographique traversant l'Atlantique Nord du Portugal au Groenland. Le navire a réarmé fin août pour la mission GAZCOGNE3 (27 août au 3 septembre) dont l'un des premiers objectifs est de déterminer avec précision les contours du système fluide aquitain, et tout particulièrement sa géométrie en profondeur. La mission d'essais techniques ESSTECH-18 (4 au 10 septembre 2018) a permis la recette des nouveaux sondeurs bathymétriques. L'activité s'est poursuivie avec CGFS16, campagne d'intérêt public halieutique (11 septembre au 12 octobre). *Le Thalassa* a dû, par la suite, entrer en cale sèche durant 4 jours en raison d'un problème d'étanchéité du joint d'étambot. La mission halieutique d'évaluation de stocks, EVHOE18, a terminé l'année.

CARACTÉRISER LA CROÛTE OCÉANIQUE



INTERVIEW DE SATISH SINGH, PROFESSEUR À L'INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS (IPGP), LABORATOIRE DE GÉOSCIENCES MARINES.

VOUS AVEZ PARTICIPÉ EN TANT QUE CHEF DE MISSION À LA CAMPAGNE ILAB SPARC QUI S'EST DÉROULÉE SUR LE *POURQUOI PAS ?* EN SEPTEMBRE 2018. QUELS ÉTAIENT LES PRINCIPAUX OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE CETTE CAMPAGNE ?



La campagne *ILAB SPARC* fait partie d'un programme de recherche international dans lequel sont impliqués des laboratoires français, britanniques, allemands, américains et italiens.

Les travaux menés visent à étudier la nature et l'épaisseur de la lithosphère, ainsi que les propriétés fondamentales de sa limite inférieure avec l'asthénosphère. Ces propriétés sont essentielles pour mieux comprendre et décrire le phénomène de la tectonique des plaques. Le choix de l'Océan Atlantique équatorial est motivé par le fait que, dans cette région, les fractures laissent intacts de larges corridors d'accrétion perpendiculaires à l'axe de la dorsale. Des profils 2D continus peuvent donc y être réalisés. Ainsi, l'évolution de la lithosphère peut être étudiée depuis l'axe de la dorsale (âge zéro) jusqu'à 80 millions d'années à proximité de la marge continentale. De précédentes campagnes d'acquisition sismique avaient été menées depuis 2015. La campagne *ILAB-SPARC* avait pour objectif de compléter le jeu de données déjà acquises, avec deux grands profils : un profil perpendiculaire à la dorsale qui doit permettre d'étudier l'expansion de la croûte océanique de 8 à 25 millions d'années, et un profil transverse, qui passe dans des zones de fractures et couvre la lithosphère océanique de 7 à 75 millions d'années

LORS DE VOTRE CAMPAGNE, VOUS AVEZ MIS EN ŒUVRE LE NOUVEL ÉQUIPEMENT SISMIQUE SMT 1 DE L'IFREMER. QUELS SONT VOS PREMIERS RETOURS QUANT À LA QUALITÉ DES DONNÉES ACQUISES ET VOS ATTENTES SUR LEUR EXPLOITATION ?

Pour nos acquisitions, nous avons déployé la nouvelle source sismique avec 2 flotteurs et 16 canons (émetteur) ; la réception des signaux se faisait à la fois avec la flûte sismique SMT d'une longueur de 6000 m, ainsi qu'avec des OBS (*Ocean Bottom Seismometers*), instruments intégrant des capteurs de pressions et des accéléromètres posés au fond de l'eau. Au total, 980 milles nautiques de profils ont été réalisés, ainsi que 90 déploiements d'OBS.

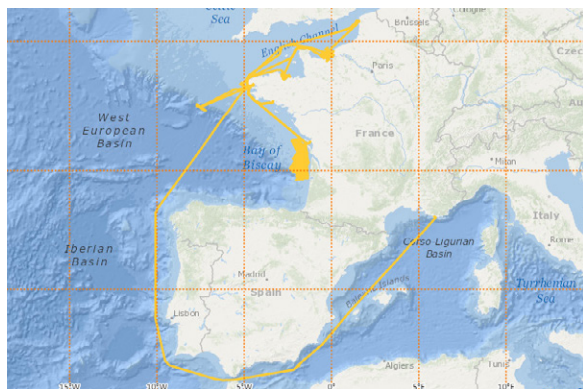
Les premiers traitements des données ont montré que les signaux émis par la source étaient détectés par les OBS jusqu'à des distances de 750 km, ce qui n'avait jamais été réalisé précédemment. De telles distances ont pu être atteintes grâce à une synchronisation très précise des canons à air de la source et une distance entre tirs de 300 m. Avec une telle distance, nous espérons pouvoir caractériser le manteau jusqu'à 80 km de profondeur, et améliorer ainsi notre compréhension des phénomènes qui s'y déroulent.

L'acquisition simultanée de données sismiques réflexion (avec la flûte sismique de 6000 m) et réfraction (avec les OBS) permettra de cartographier la lithosphère avec différentes échelles et résolutions. Cette approche combinée devrait permettre de mieux caractériser la croûte océanique ainsi que la partie supérieure du manteau.

ALIS

À l'issue de son arrêt technique (décembre 2017 à janvier 2018), l'*Alis* a commencé l'année par la mission SPOT OUVEA, mission d'échantillonnage de la faune marine au départ de Nouméa avec une escale à Ouvéa, opportunité de faire découvrir le navire à de nombreuses personnalités locales. Après retour à Nouméa, le navire a poursuivi par la campagne UECOCOT Kone, dont le but est d'évaluer l'impact de l'activité industrielle sur la baie de Kone. Le navire a été en attente à quai du 16 février au 4 avril, puis a été mobilisé pour la mission SEDLAB, mission géophysique sur le banc de Landsdowne à l'ouest de la nouvelle Calédonie (7 avril au 5 mai). Il est ensuite parti en baie de Kone pour récupérer les mouillages déployés pour la mission UECOCOT (étude d'impact environnementaux des usines en baie de Kone) du 8 au 14 avril. S'en est suivi le transit vers Rabaul (Papouasie Nouvelle Guinée), puis Ambitle, pour la mission CARIOCA 3, visant à étudier les coraux en Papouasie (27 mai au 5 juin). À l'issue d'une cale sèche menée à Nouméa suite à un défaut d'étanchéité des pâles d'hélice, l'*Alis* a transité vers Wallis pour deux missions, WALLALIS ET WALLIS, missions d'observation/prélèvement biologique et de plongée, pour ensuite faire route vers Papeete, où plusieurs missions aux abords de la Polynésie ont été conduites, notamment aux Marquises (MOANA MATY) et à Tuamotu (MALIS 1&2-TUAM 2018). Des Flotteurs Lagrangiens type Mermaid ont été largués pendant les transits vers Wallis et Papeete.

ANTEA



L'*Antea* a débuté son activité en avril avec deux campagnes « test » de pêche à la coquille Saint-Jacques (ESSDRAG) en baie de Saint-Brieuc, puis en baie de Seine. S'en est suivi la campagne ECOPEL-lego1-18 qui s'est déroulée le long de la façade de la Manche, de Boulogne à Brest. L'*Antea* a réarmé au mois de juin avec 3 jours de test à quai, en vue de la campagne

d'essai d'*Ariane* prévue début septembre 2018.

L'activité a continué avec la campagne de sismique, GIROPAL18, acquisition sismique dans le golfe de Gascogne, puis le lego2 de la mission ECOPEL-lego2-18, campagne de biologie le long des côtes de la Manche. En septembre, la mission d'essai du HROV *Ariane* à bord de l'*Antea* s'est avérée très concluante. La saison s'est terminée par une campagne d'intérêt public en baie de Seine (SELISEINE18).

L'EUROPE

L'*Europe* était en arrêt technique en janvier durant 3 semaines à Marseille. Sa reprise d'activité a eu lieu fin février avec la campagne d'essais techniques ESSTECH18. À suivi la campagne EMSO-KM3-NET-18, campagne d'AUV réalisée sur le futur site du télescope à neutrinos, MEUST. Le mois de mars s'est poursuivi avec la campagne récurrente DIVACOU18, portant sur divers essais acoustiques en vue notamment de travailler sur le positionnement du futur AUV *Coral*. Le premier trimestre s'est clôturé avec la campagne d'intérêt public, DCE5, visant à étudier la qualité de l'eau en Méditerranée et la campagne de récupération de mouillages dans le canyon du Var, SOLVEIG6-18. Deux campagnes AUV entre Toulon et Marseille ont été ensuite effectuées : ESSAUV-18 et TURBIDENT18. L'*Europe* était ensuite armé en configuration pêche jusqu'à la fin juillet ; il a réalisé une campagne de techno pêche (REVERSE18) au large du cap Corse, puis les deux campagnes récurrentes MEDITS et PELMED, campagnes d'intérêt public d'évaluation des stocks des poissons pélagiques en Méditerranée. Ensuite, la mission CARBONSINK a eu lieu en août dans les eaux de l'est Corse afin de travailler sur l'herbier de Posidonie. Puis, de nouveau une configuration pêche pour l'*Europe*, afin de réaliser une autre campagne d'intérêt public, NOURMED18, et une autre campagne de recherche scientifique halieutique, EPIBENGOL. La reprise d'activité d'*Ariane* a eu lieu sur l'*Europe* avec la campagne CYLICE ECO dans les eaux corses, première campagne de biologie du HROV *Ariane*. La campagne suivante, UECOCOT, était également une mission *Ariane*, se déroulant dans le canyon de Cassidaigne. La mission FLUID3D, mobilisant l'AUV s'est déroulée en octobre au large de Toulon et dans le parc des Calanques. L'année s'est terminée avec la mission d'essais technologiques, ESSHROV 2018, impliquant le HROV *Ariane*, et la campagne Téléprésence, en mer Ligurienne.

CÔTES DE LA MANCHE

Le *Côtes de la Manche* a débuté son activité annuelle en Gironde par la campagne SOGIR, puis a poursuivi par la campagne Jericobent3, portant sur les variabilités écologiques et biogéochimiques de l'écosystème côtier de la vasière ouest Gironde. Il a continué son activité par la campagne de physique PHRESQUES leg1, puis par HYD2M leg1. Le mois de mars a été consacré aux missions d'enseignement TPINT-enseignement et GeoBREST17-Enseignement. Puis, les campagnes JERICObent-4 et ASPEX se sont déroulées, pour être suivies d'un arrêt technique de 11 jours aux Sables d'Olonne. Le leg 2 de la campagne JERICObent-5 a pris la suite. Deux missions scientifiques (CHEMIST et APPEAL) se sont déroulées durant l'été avant de commencer les missions d'enseignements de septembre (MSTURL, GEOBREST, TP GIRONDE). Ces missions d'enseignements se sont prolongées en octobre, entre les missions récurrentes. En novembre le *Côtes de la Manche* a conduit une mission d'observation des ressources halieutiques récurrentes d'intérêt public (ORHAGO). L'année s'est conclue avec deux legs d'enseignement aux abords de Cherbourg (TP INT). Le navire a été désarmé aux Sables d'Olonne à la mi-décembre.

TÉTHYS II

Téthys a commencé son activité fin janvier 2018 par les premières campagnes MOOSE (Antares, Dyfamed et Boussole). S'en est suivie la campagne SEAFOOD TECHNO (29 au 31 janvier) en mer Ligure. En février, après la mission d'enseignement IPGP-Enseignement, le navire a poursuivi par la mission PROFEMI, portant sur l'utilisation de traceurs radioisotopiques pour déterminer la profondeur de minéralisation du carbone organique; puis à nouveau par des missions Boussole. La campagne ALPARRAY LIGURE 2018 a entamé le mois de mars, suivie de la campagne PHYBIO-ENSEIGNEMENT_2018. L'activité s'est continuée avec les missions APPEAL MED leg 2 et MICROCO leg 2, ainsi qu'une mission d'enseignement (IADO) et un affrètement portant sur de la formation. En mai, les missions GABES, MISSRHODIA2 ont été suivies des missions récurrentes de maintenance d'observatoire (MOOSE), ainsi que deux missions longues, BIO Argo med et DCE (intérêt public). À l'issue d'une période d'inactivité au mois d'août, le navire a continué avec les missions APPEAL MED leg 2 et MICROCO leg 2, ainsi qu'une mission d'enseignement (IADO) et un affrètement portant sur de la formation. Le navire a poursuivi les dernières

missions d'enseignement en octobre pour voir ensuite son activité diminuer significativement en novembre et décembre, où les missions de maintenance mensuelle et 3 missions scientifiques (PROFEMI et 2 legs de EMSO KM3 Ligure) ont été menées.

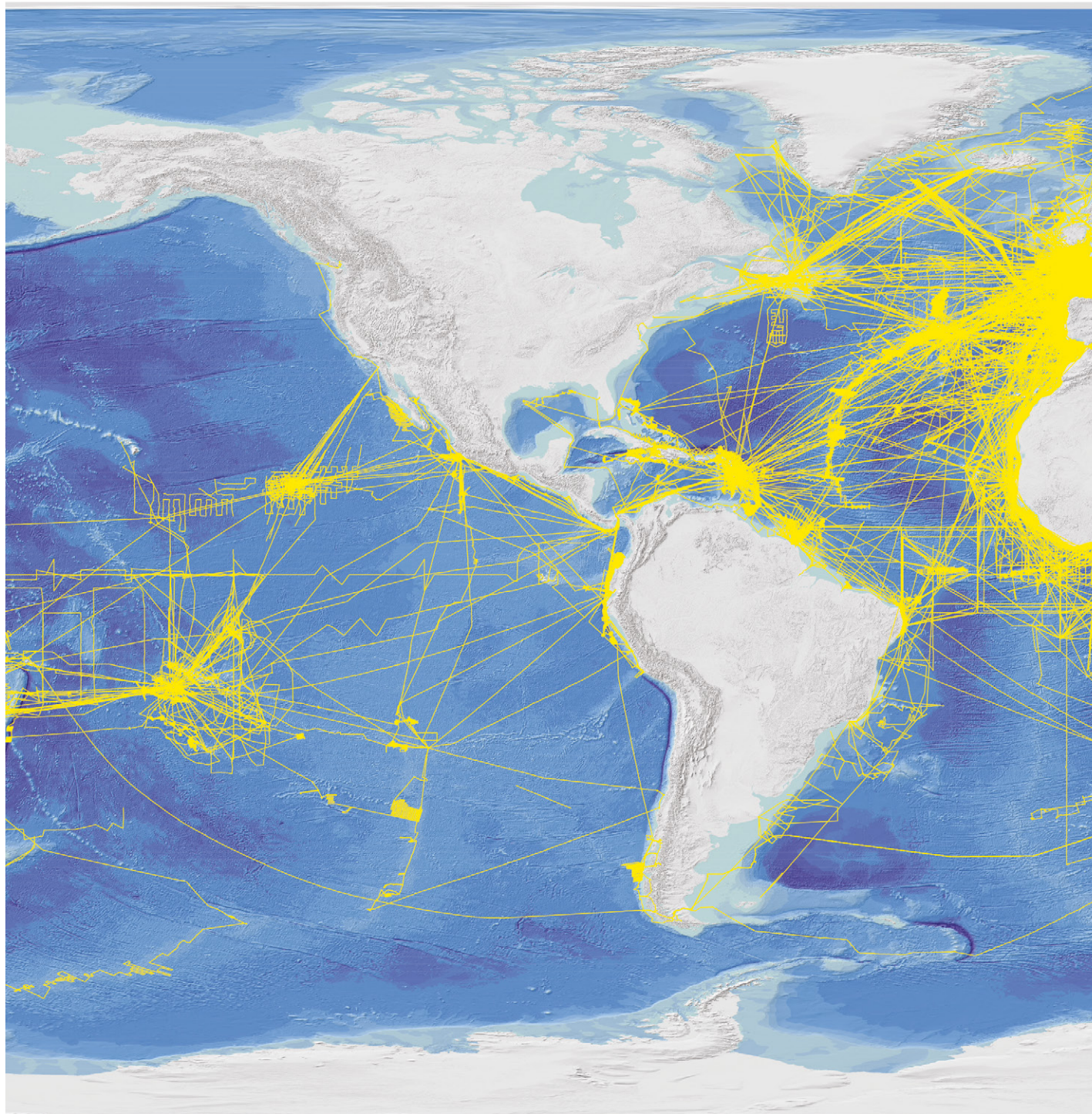
THALIA

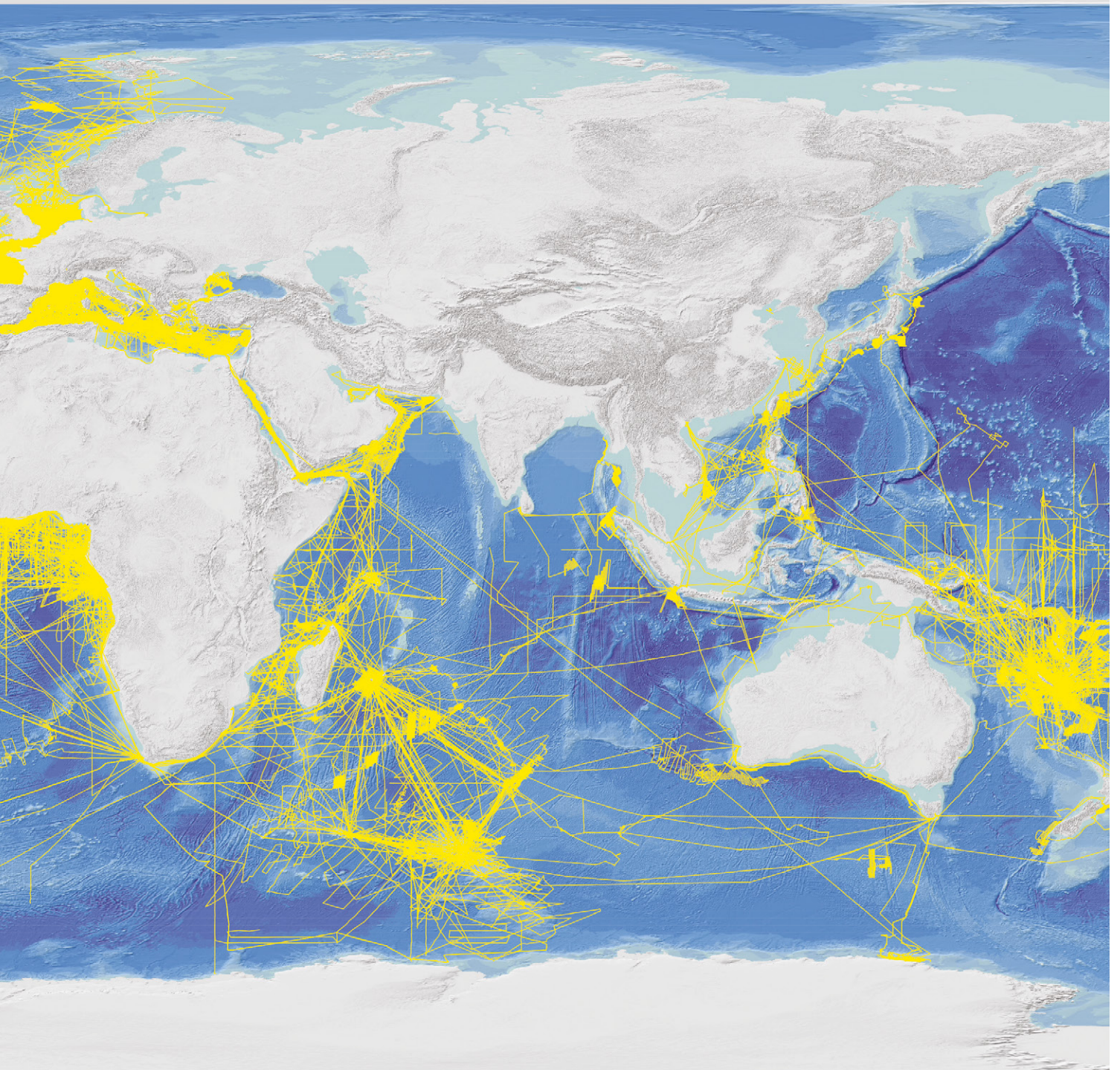
Après un désarmement de 3 mois, le 20 février, *Thalia* a commencé son activité avec la mission récurrente CARMOLIT18 et son mouillage annuel de la bouée MOLIT en baie de Vilaine. Cette mission a été suivie d'une mission récurrente sur les habitats benthiques de tout le pourtour breton, la mission REBENTII-18. Juste avant la mi-mars a eu lieu la campagne DCE-Benthos, dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Après une petite période de désarmement, le *Thalia* a conduit une mission de sismique en baie de Saint-Brieuc, la campagne GEOSAINTBRIEUC18, puis a enchaîné avec les campagnes REM-2040-18 et PAGURE-NEXT18 (prises de vidéos sous-marines avec le Pagure) en rade de Brest. Le mois de mai a débuté par le premier leg de la campagne SYPOCO, cartographie effectuée avec le sondeur EM2040 en baie de Concarneau. Fin mai, le *Thalia* est descendu dans l'estuaire de la Loire pour la campagne LABON-SHIP18, avant deux campagnes de sismique sur le plateau de Cap Breton et au large de Bayonne, SEDYMAQ4-18 et JERICOBENT5-18. Le *Thalia* a effectué au mois de juin 2018 le deuxième leg d'une campagne de géoscience marine, la campagne SYPOCO18, en baie de Concarneau. Ensuite le navire a transité jusqu'en baie de Seine pour y conduire la campagne COMOR18 de contrôle des stocks de coquilles Saint-Jacques. Après un désarmement en août, COSB18 a eu lieu en baie de Saint-Brieuc, avec là aussi un but d'évaluation du stock de coquilles. Puis la campagne NURSE18 s'est déroulée le long de la façade atlantique pour étudier la capture des soles juvéniles dans les estuaires. Enfin, pour terminer l'année, le *Thalia* a enchaîné deux campagnes sur le site éolien en mer SEMREV au large de Saint-Nazaire, ECHOSONDE et HOOPLACOR. La mission D4S (affrètement par l'ESA de 10 jours), fin novembre, a marqué la fin du programme du navire.

HALIOTIS

La vedette a commencé l'année par un arrêt technique, puis a débuté son programme en février avec la campagne d'essai Esstech-gen-18, et a réalisé à la mi-avril la campagne HOOPLA18, au large de Saint-Nazaire. Le mois de mai a vu la campagne EMEMO18, suivie de la campagne ORC18, avant désarmement.

**CARTE DES TRAJETS DES CAMPAGNES EFFECTUÉES
PAR LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE
DEPUIS 1929, SUR FOND BATHYMÉTRIQUE (GEBCO 2014).**





RÉSULTATS ET PUBLICATIONS 2018

PORTANT SUR DES CAMPAGNES
DES ANNÉES ANTÉRIEURES

Une sélection de campagnes océanographiques, réalisées dans différentes zones géographiques où les navires ont été déployés et illustrant des résultats de différentes disciplines est présenté ci-après.

Le choix de ces campagnes a été fait au regard des résultats publiés en 2018 suite aux missions des années précédentes, en privilégiant les publications dans des revues à fort indice de citations ou des numéros spéciaux regroupant une série d'articles portant sur une campagne océanographique ou une série de campagnes.

Cette sélection n'est donc en rien exhaustive, mais elle cherche à illustrer toute la diversité des résultats obtenus par les différentes communautés et navires de la Flotte océanographique française.

Ainsi, le choix a porté sur :

- la campagne **Pachiderme** réalisée en 2007 sur le *Marion Dufresne* dans l'océan Pacifique sud-est, et dont les résultats ont donné lieu à deux publications dans *Nature*, sur les rôles respectifs des pompes physique et biologique de CO₂ dans l'océan dans l'augmentation des teneurs en CO₂ atmosphérique lors de la dernière déglaciation;
- la campagne **Outpace** réalisée sur *L'Atalante* dans l'océan Pacifique en 2015 et qui a donné lieu un numéro spécial dans *Biogeoscience*;
- les campagnes **Ovide** et **Geovide** réalisées dans l'Atlantique Nord sur *Thalassa* et *Pourquoi pas ?* depuis 2002, qui ont donné lieu à un numéro spécial dans *Biogeosciences*;
- les campagnes **Dewex** et **Moose** réalisées en Méditerranée sur *L'Atalante*, le *Suroît* et le *Thétys* et qui ont donné lieu à une section spéciale dans le *Journal of Geophysical Research : Oceans*;
- la série de campagnes **Momarsat** qui illustre les activités récurrentes d'un observatoire de fond de mer du projet EMSO au large des Açores, lors des campagnes réalisées sur les navires *Thalassa*, *Pourquoi pas ?* et *L'Atalante*;
- la série de campagnes **Comor**, **Cosb** réalisées sur *Thalia* en baie de Seine et de Saint-Brieuc illustrant le suivi pluriannuel des stocks de coquilles Saint-Jacques.

LE PLANCTON CALCAIRE :

UN ACTEUR IMPORTANT DE L'AUGMENTATION DES TENEURS EN CO₂ ATMOSPHÉRIQUE LORS DE LA DERNIÈRE DÉGLACIATION

AUTEURE

| Stéphanie Duchamp-Alphonse¹

CAMPAGNE PACHIDERME

Chef de mission : Catherine Kissel²
Sud-Est de l'Océan Pacifique – marge Sud Chilienne
Du 6 au 28 février 2007
À bord du *Marion Dufresne* opéré à cette date par l'IPEV



Marion Dufresne © Ifremer. Olivier Quédec

OBJECTIFS

Les objectifs de la campagne PACHIDERME (Pacifique-CHili : Dynamique des Eaux intermédiaires) étaient de prélever des séries sédimentaires marines à haut taux de sédimentation pour étudier les changements passés des relations entre les circulations atmosphériques et océaniques des moyennes et hautes latitudes sud et pour élucider leur rôle dans les changements climatiques régionaux et globaux. En effet, entre 40° et 55°S, autour de l'Antarctique, le sud-Chili est le seul obstacle continental aux vents d'ouest.

Il s'agit donc d'une région clé pour l'étude :

- des interactions terre-océan et l'impact des vents d'ouest sur les précipitations et les apports en eau douce;
- des changements majeurs de circulation dans le système océan-atmosphère de l'Hémisphère Sud depuis la dernière période glaciaire.

Au total, 840 m de sédiments ont été collectés à 36 localités différentes réparties dans les fjords et en océan ouvert sur la marge chilienne.

INTRODUCTION

Le plancton calcaire de l'Océan Austral aurait contribué à l'élévation des teneurs en CO₂ atmosphérique au cours de la dernière déglaciation (~18,5-11,5 ka) *via* une augmentation de la quantité de calcite sécrétée dans les eaux de surface et transférée vers les profondeurs. Ce processus, aussi appelé « la Contre Pompe des Carbonates », aurait été amplifié lors des périodes d'intensification des remontées d'eaux profondes dans l'océan Austral, ramenant en surface des eaux fertiles et riches en CO₂ et favorisant notamment la production de squelettes plus lourds au sein du phytoplancton calcaire (coccolithophoridés).

Dans l'objectif de mieux comprendre l'impact de la pompe biologique sur le cycle du carbone dans le passé, que nous avons choisi d'étudier les changements d'efficacité de la Pompe Biologique (Pompe des Tissus Mous et Contre Pompe des Carbonates) de la zone subAntarctique au cours de la dernière déglaciation, et leur possible impact sur les changements de concentration en CO₂ atmosphérique. Nos travaux ont porté sur l'analyse géochimique et micropaléontologique d'une carotte sédimentaire prélevée au cours de la campagne PACHIDERME dans le SE de l'Océan Pacifique (46,1° S, 75,7° W).

LA CAROTTE SÉDIMENTAIRE MD07-3088

La carotte MD07-3088 (46°04.30' S; 075°41.23' W) a été échantillonnée au large de la marge sud-chilienne, à 1536 mètres de profondeur. Elle se situe dans la couche supérieure des eaux profondes du Pacifique, à la limite avec les eaux intermédiaires Antarctiques, et au-dessus de la lysocline et du Niveau de Compensation des Carbonates, estimés respectivement à ~ 3600-3800 m et 4500 m de profondeur. En surface, cette carotte est influencée par les eaux de surface subAntarctiques, directement alimentées par les eaux de surface Antarctiques riches en CO₂ et en nutriments. Ces eaux de surface (sub-) Antarctiques représentent la source principale des eaux intermédiaires et des eaux modales subAntarctiques, suggérées être le conduit majeur de transmission des changements océanographiques des hautes latitudes sud, vers l'équateur. Cette carotte se situe notamment loin des principales sources de fer éolien. Elle bénéficie d'un modèle d'âge robuste contraint par plusieurs datations ¹⁴C, une stratigraphie isotopique (d¹⁸O) à haute résolution temporelle, et une étude téphrochronologique basée sur la caractérisation de nombreux niveaux de tephra volcaniques (Siani et al., 2013), montrant qu'elle couvre les derniers 20 ka.

1. Maître de conférence GEOPS, Université Paris Sud.

2. LSCE/IPSL; CEA-CNRS-UVSQ

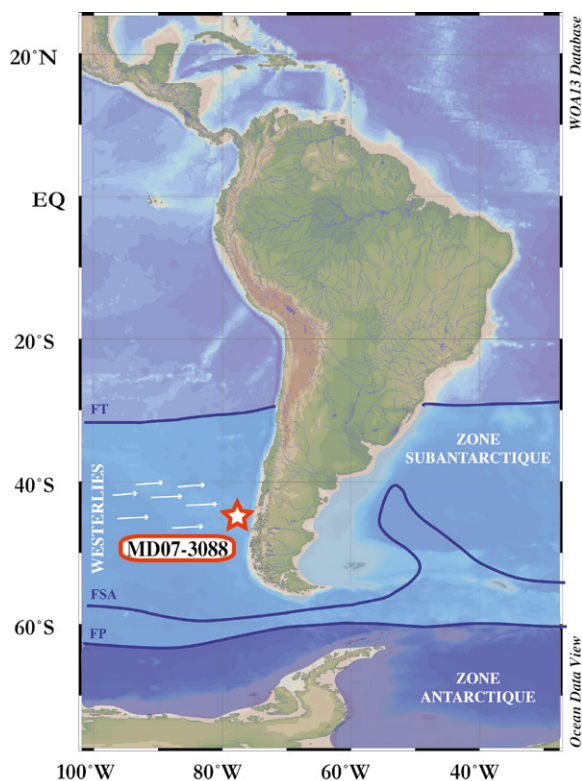


FIGURE 1. Carte représentant la localisation géographique de la carotte MDO7-3088, prélevée dans la zone subAntarctique du secteur Pacifique de l'Océan Austral. FT : Front Tropical, FSA : Front SubAntarctique; FP : Front Polaire.

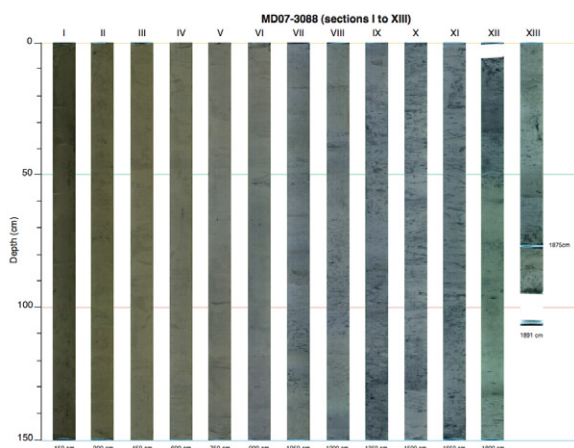


FIGURE 2. Photographie de la carotte sédimentaire MDO7-3088 prélevée lors de la campagne océanographique PACHIDERME (MD159) et révélant une lithologie argilo-silteuse légèrement carbonatée (Kissel, C. Rapport de la mission océanographique, 2007).

Caractérisée par des taux de sédimentation élevés, elle fournit la rare opportunité de restituer les changements de productivité aux échelles décennale à centennale au cours de la dernière déglaciation et de comprendre leurs relations avec les changements de $p\text{CO}_2$ atmosphérique. De plus, elle a la particularité d'enregistrer la dynamique des upwellings austraux depuis le DMG (Siani et al., 2013) et offre ainsi la possibilité de comparer le tempo des changements d'efficacité de la pompe biologique avec celui de la pompe physique dans le passé.

LES COCCOLITHOPHORIDÉS COMME MARQUEURS DES CONDITIONS DES EAUX DE SURFACE

Les coccolithophoridés sont des algues unicellulaires phototrophes qui colonisent l'ensemble des environnements marins y compris les masses d'eaux des régions polaires. Elles ont la particularité de sécréter un exosquelette calcaire (la coccosphère) constitué de plaques calcitiques (les coccolithes) fossilisables, et s'accumulant en abondance dans les sédiments marins après la mort des organismes. La distribution géographique de ces algues est tributaire de nombreux paramètres écologiques imputables aux conditions climatiques et océanographiques, tels que la température, les ressources trophiques ou les $[\text{CO}_{2\text{aq}}]$. Des preuves d'enregistrements fossiles suggèrent que les coccolithophores ont toujours présenté des tolérances écologiques similaires à l'actuel et que la distribution paléobiogéographique des coccolithes est généralement comparable à celle d'aujourd'hui.

Ainsi, les distributions des espèces *C. leptoporus* et *H. carteri* qui se développent actuellement dans des eaux riches en nutriments du SE de l'Océan Pacifique, et qui ont été préservées dans la carotte sédimentaire étudiée, ont permis de retracer les conditions de fertilité des eaux de surface au cours de la dernière déglaciation (figure 3a et 3b). Par ailleurs, l'évolution de la masse des Noëlaerhabdaceae, famille de coccolithes représentant la majorité des spécimens préservés, a permis de contraindre indirectement les conditions de $[\text{CO}_{2\text{aq}}]$ (figure 3c). En effet, à l'échelle des temps géologiques, les coccolithophores ont la particularité de réguler l'acquisition du carbone dans la cellule, et peuvent le délocaliser depuis le site de la photosynthèse où sont produites les molécules organiques constitutives de la cellule, vers le site de calcification, où sont produits les coccolithes lorsque les $[\text{CO}_{2\text{aq}}]$ sont élevées. Dans un tel scénario, une augmentation de la masse des Noëlaerhabdaceae reflète une augmentation du degré de calcification de ces coccolithes, et par là, une augmentation de $p\text{CO}_2$ dans les eaux de surface (et *a fortiori*, de l'atmosphère).

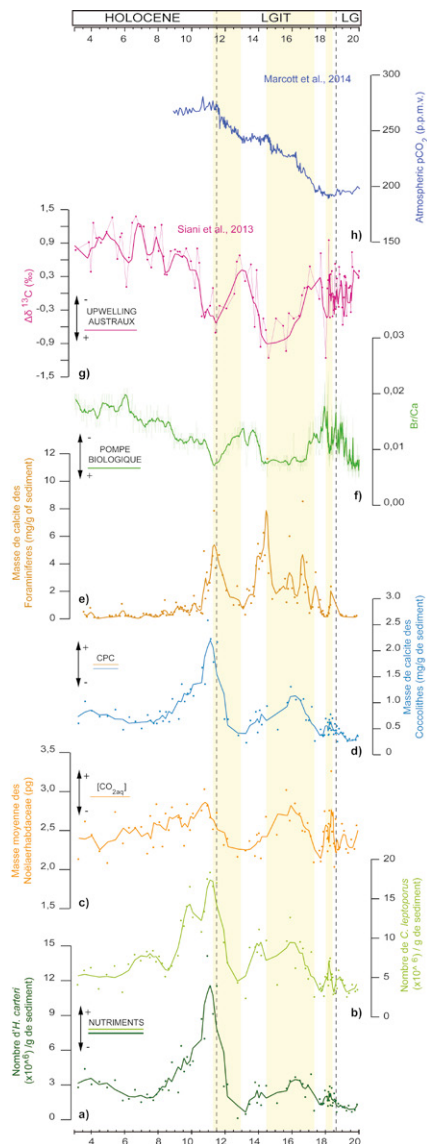


FIGURE 3. Les diminutions d'efficacité de la Pompe Biologique (f) sont en phase avec les augmentations significatives de $p\text{CO}_2$ atmosphérique (h) et l'intensification des upwelling austraux (g, Siani et al., *Nature Communications*, 2013). Elles traduisent une augmentation de la production de calcite (Carbone Inorganique Particulaire, CIP) par les coccolithophoridés (d) et les foraminifères planctoniques (e). Ces augmentations de production de calcite par le plancton calcaire reflètent une augmentation du nombre de coccolithes et de foraminifères planctoniques pendant les upwelling austraux, en réponse à une fertilisation accrue des eaux de surface subAntarctiques (a et b). Elles reflètent également, chez les coccolithophoridés, une augmentation de la masse des *Noëlaerhabdaceae* en réponse à des eaux de surface plus acides (enrichies en CO_2).

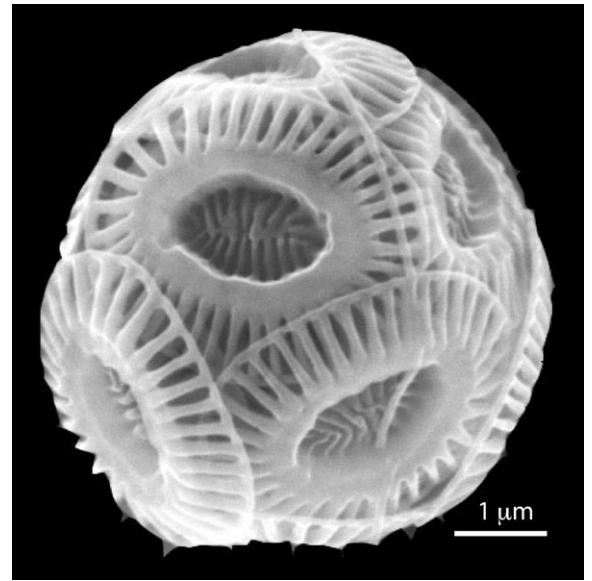


FIGURE 4. Squelette (coccosphère) d'*Emiliana huxleyi*, appartenant à la famille des *Noëlaerhabdaceae*, pêchée dans le SE de l'Océan Pacifique au cours de la mission océanographique BIOSOPE (*Biogeochemistry and Optics South Pacific Experiment*) à bord de *L'Atalante*. © Luc Beaufort.

LE RAPPORT BR/CA COMME MARQUEUR DE L'EFFICACITÉ DE LA POMPE BIOLOGIQUE

Les coccolithophoridés jouent un rôle unique dans le cycle du carbone puisqu'ils sont les seuls à utiliser le Carbone Inorganique Dissous (CID) des eaux de surface aussi bien pour les processus de photosynthèse, que pour les processus de calcification. Par conséquent, ils contribuent à la fois à la PTM et à la CPC et ont une incidence non négligeable sur la force de la Pompe Biologique. Cependant, ils ne sont pas les seuls organismes à contribuer à la Pompe Biologique, puisque la Pompe des Tissus Mous intègre l'ensemble du phytoplancton marin (coccolithophoridés diatomées, cyanobactéries...), tandis que la CPC est aussi le fait des foraminifères planctoniques, et dans une moindre mesure, des ptéropodes. Ainsi, pour avoir une bonne estimation de l'efficacité de la Pompe Biologique (PB) dans le passé, il est nécessaire :

- de s'intéresser aussi bien à la fraction organique et carbonatée des sédiments étudiés;
- d'évaluer la quantité de COP et de CIP quittant les eaux de surface pour estimer les changements d'efficacité de la PTM et de la CPC dans le passé;
- documenter de manière relative, l'efficacité de la PTM par rapport à celle de CPC, pour avoir une estimation de la PB. Cette démarche a récemment été appliquée aux sédiments de la carotte MDO7-3088, afin de comprendre l'impact de la Pompe

Biologique sur le partage de CO₂ entre l'océan et l'atmosphère au cours de la dernière déglaciation. Dans ce contexte, le rapport Br/Ca, obtenu par la technique de la fluorescence des rayons X (XRF), est apparu comme un outil puissant pour refléter l'évolution décennale du rapport COP/CIP de la matière biologique marine exportée, c'est-à-dire de la Pompe Biologique *s.s.* (Duchamp-Alphonse et al., 2018).

SCÉNARIO CLIMATIQUE

La comparaison des résultats micropaléontologiques et géochimiques du site MDO7-3088 avec ceux de la littérature montre que les signaux ne sont pas hasardeux mais peuvent s'intégrer dans un schéma climatique cohérent. Au cours de la dernière déglaciation, les trois phases d'augmentation majeures des teneurs en CO₂ atmosphérique révélées par les mesures de [CO₂] dans l'air piégé dans la carotte de glace Epica Dome C (EDC) (figure 3h), coïncident avec les trois réductions significatives du rapport Br/Ca obtenu sur la carotte MDO7-3088 (figure 3f), et interprétées comme reflétant une diminution de l'efficacité de la Pompe Biologique dans le SE Pacifique. Ces diminutions sont principalement dues à une quantité plus importante de calcaire exporté par les coccolithophoridés (figure 3d) et les foraminifères (figure 3e), rendant la CPC plus efficace. Il s'avère que ces organismes réagissent directement à la fertilisation (figure 3a et 3b) et à l'acidification (figure 3c) des eaux de surface sub-Antarctiques, générées par l'intensification des upwellings austraux (figure 3g, Siani et al., 2013). Ils répondent tous deux positivement à l'augmentation des teneurs en nutriments disponibles par une augmentation de leurs abondances. Les Noëlaerhabdaceae contribuent par ailleurs singulièrement à la CPC, puisqu'ils sécrètent des coccolithes plus lourds, sous des conditions de [CO_{2aq}] plus élevées (figure 3c).

Plus généralement, notre étude révèle qu'une diminution d'efficacité de la pompe biologique, associée à une meilleure ventilation de l'Océan Austral a joué un rôle majeur dans les augmentations par paliers de la pCO₂ atmosphérique de la dernière déglaciation, et ce dès ~18,5 ka BP. Une attention particulière devra plus largement être portée sur la réponse du plancton calcifiant de l'Océan Austral pour mieux quantifier sa contribution dans le budget global du CO₂ dans le passé.

RÉFÉRENCES

Duchamp-Alphonse Stéphanie, Siani Giuseppe, Michel Elisabeth, Beaufort Luc, Gally Yves, Jaccard Samuel. Enhanced ocean-atmosphere

carbon partitioning via the carbonate counter pump during the last deglacial, *Nature Communications* 9 (2396), doi: 10.1038/s41467-018-04625-7.

Siani Giuseppe, Michel Elisabeth, De Pol-Holz Ricardo, DeVries Tim, Lamy Frank, Carel Mélanie, Isguder Gulay, Dewilde Fabien, Lourantou Anna. Carbon isotope records reveal precise timing of enhanced Southern upwelling during the last deglaciation. *Nature Communications* 4 (2758), doi:10/1038/ncomms3758.

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE

Plusieurs équipes internationales ont participé à la campagne PACHIDERME avec des intérêts scientifiques variés et complémentaires en liaison avec les traceurs qu'elles analysent. Des représentants d'équipes scientifiques chiliennes de Concepcion et de Santiago, allemandes de Bremerhaven, de Potsdam et de Trier, norvégienne de Bergen ont participé à la campagne avec les équipes françaises du Laboratoire de Glaciologie, de l'Université Paris-Sud, de l'Université de Bordeaux, de Montpellier, de Savoie, d'Orléans, de l'École Nationale des Travaux Publics et du LSCE (LSCE, Gif Sur Yvette). Des collègues de l'Ifremer nous ont également aidés à bord pour utiliser le logiciel CINEMA pour meilleure optimisation des techniques de carottage. Les équipes embarquantes ont pu étudier les sédiments prélevés en couvrant avec leurs collègues à terre de très nombreux aspects analytiques utilisant des traceurs géochimiques, biologiques, sédimentologiques, isotopiques, volcaniques.

LABORATOIRES IMPLIQUÉS

France: LSCE (Gif-sur-Yvette), EPOC (Bordeaux), Université d'Orléans, LGGE (Grenoble), Université de Savoie, Université de Montpellier, Ifremer, IDES (Orsay)
Chili: UACH (Valdivia), COPAS (Concepcion),
Allemagne: AWI (Bremerhaven), GFZ (Potsdam), Université de Trier
Norvège: BCCR (Bergen)
Ce travail a été financé par le projet INSU-LEFE-IMAGO (CHICO), le Conseil suédois de la recherche, et le fond national suisse, et publié le 19 juin 2018, dans la revue *Nature Communications*.

GLOSSAIRE

DMG Dernier Maximum Glaciaire
KA kilo ans (10 000 ans)*
CPC Contre Pompe des Carbonates
CIP Carbone inorganique particulaire
CID Carbone inorganique dissous
PTM Pompe des Tissus Mous
PB Pompe biologique

CAMPAGNE OCÉANOGRAPHIQUE OUTPACE

45 jours à bord de *L'Atalante* pour étudier la fixation de N₂ et la régulation de la pompe biologique de carbone dans le Pacifique tropical sud-ouest

AUTEUR.E.S

Thierry Moutin, Sophie Bonnet, Andrea Doglioli et l'équipe OUTPACE

CAMPAGNE OUTPACE

Chefs de mission : MOUTIN Thierry et BONNET Sophie³
Pacifique Sud
Du 18 février au 3 avril 2015
À bord de *L'Atalante*



Remontée avec le portique d'un des pièges de la ligne. © Campagne OUTPACE

OBJECTIFS

Le projet OUTPACE vise à obtenir une meilleure représentation des interactions entre les organismes planctoniques et les cycles des éléments biogènes (C, N, P, Si, Fe) pour des échelles allant de l'étude de processus à l'étude de l'océan Pacifique sud-ouest.

LE PACIFIQUE TROPICAL SUD-OUEST ET LA RÉGULATION DE LA POMPE BIOLOGIQUE DE CARBONE

La pompe biologique de carbone océanique correspond au transfert de carbone de la couche de surface océanique vers l'intérieur de l'océan par des processus biologiques (figure 1). Elle influence fortement la concentration en CO₂ atmosphérique et par conséquent le climat de la Terre.

L'intensité de la pompe biologique dépend de la disponibilité de certains éléments nutritifs comme l'azote dans l'océan de surface. Dans les régions océaniques où les concentrations en azote sont particulièrement faibles, certains organismes du plancton sont capables d'utiliser l'azote atmosphérique de l'air dissous dans l'eau pour se développer. On les appelle fixateurs d'azote ou diazotrophes. De plus, ces organismes fertilisent les eaux de surface en azote et le rendent disponible pour les autres organismes du plancton, soutenant ainsi la vie marine dans les déserts océaniques, tel que le Pacifique Tropical.

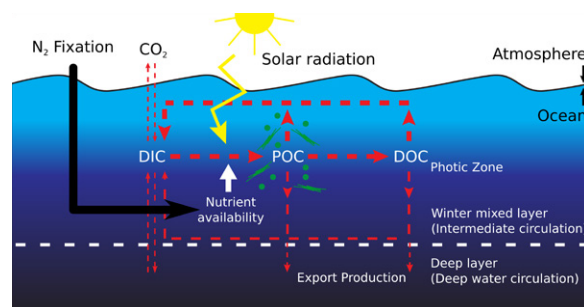


FIGURE 1. Schéma présentant la pompe biologique de carbone (transfert de carbone de l'océan de surface vers l'intérieur de l'océan par des processus biologiques) et l'influence de la fixation d'azote sur la disponibilité nutritive. DIC : Carbone inorganique dissous, POC : Carbone organique particulaire. DOC : Carbone organique dissous (Moutin et al., 2017).

L'expérience OUTPACE était organisée autour de 3 objectifs principaux :

- donner une description zonale de la biogéochimie et de la diversité biologique dans le Pacifique tropical Sud-ouest durant l'été austral ;
- étudier la production biologique et son devenir (incluant l'exportation de C) dans 3 sites contrastés, avec une attention particulière pour la production supportée par la fixation d'azote ;
- obtenir une représentation satisfaisante des principaux flux biogéochimiques (C, N, P, Si, Fe) et de la dynamique du réseau trophique planctonique.

³ Institut Méditerranéen d'Océanologie (UMR MIO) – Aix Marseille Univ., Université de Toulon, CNRS, IRD, Marseille

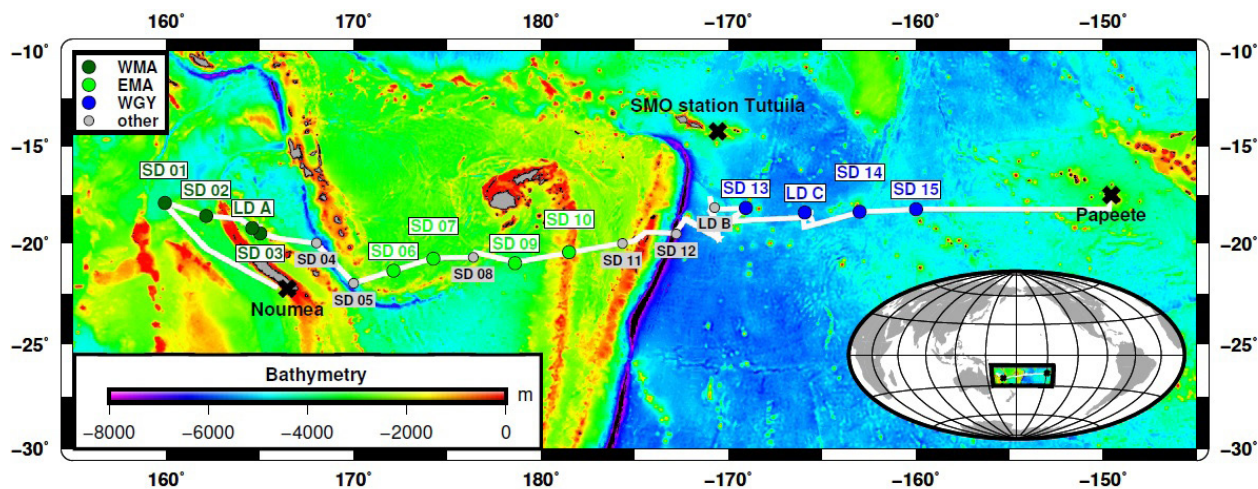


FIGURE 2. Transect de la campagne OUTPACE (blanc) superposé sur une carte indiquant les concentrations quasi-lagrangiennes de la chlorophylle a. Les stations de courte durée (1 à 15) et les stations de longue durée «étude de processus» A, B et C sont également indiquées.

Notre stratégie a été de réaliser 15 stations de courte durée (8h) où des prélèvements ont été effectués de la surface jusqu'au fond afin de décrire cette région très peu explorée jusqu'alors (figure 2). De plus, 3 stations «processus» de plus longue durée (7 jours) ont été étudiées en détail, en particulier en déployant des mouillages dérivants, pour comprendre le contrôle de la production biologique et son devenir dans l'océan.

UNE STRATÉGIE LAGRANGIENNE POUR SUIVRE UNE MASSE D'EAU ET ÉTUDIER LA PRODUCTION BIOLOGIQUE ET SON DEVENIR DANS LA COLONNE D'EAU

Le projet OUTPACE est l'aboutissement d'un long processus qui a permis à des scientifiques de différents domaines (de physiciens spécialisés dans la navigation lagrangienne à des biologistes spécialistes des gènes et de la biodiversité/fonction à l'échelle individuelle des cellules) de travailler ensemble sur le même projet. Le couplage original de techniques alliant l'imagerie satellitale, les Flotteurs dérivants, les profileurs de turbulence, les capteurs biogéochimiques et les outils moléculaires, a permis une acquisition simultanée de variables physiques, chimiques et biologiques en suivant la même masse d'eau pendant plusieurs jours. Cette stratégie, dite Lagrangienne en référence au mathématicien J.L. Lagrange, permet de relier les mesures effectuées à des processus biologiques internes à la masse d'eau (de Verneil et al., 2018, figure 3).

Nous avons par exemple été capables de conclure que la fixation d'azote permettait de soutenir la quasi-totalité de la production nouvelle (non reliée au recyclage à court terme de la matière organique) dans le Pacifique tropical SW durant l'été austral (Caffin et al., 2018). En plus des approches transdisciplinaires de terrain, le travail de modélisation réalisé dans ce projet (Dutheil et al., 2018, Gimenez et al., 2018) a permis d'affiner notre connaissance sur le fonctionnement de l'écosystème et d'obtenir des paramétrisations utiles pour la communauté internationale des modélisateurs. Ces résultats contribuent à répondre aux questions scientifiques du projet et génèrent de nouvelles connaissances concernant la capacité de l'océan oligotrophe à séquestrer du carbone.

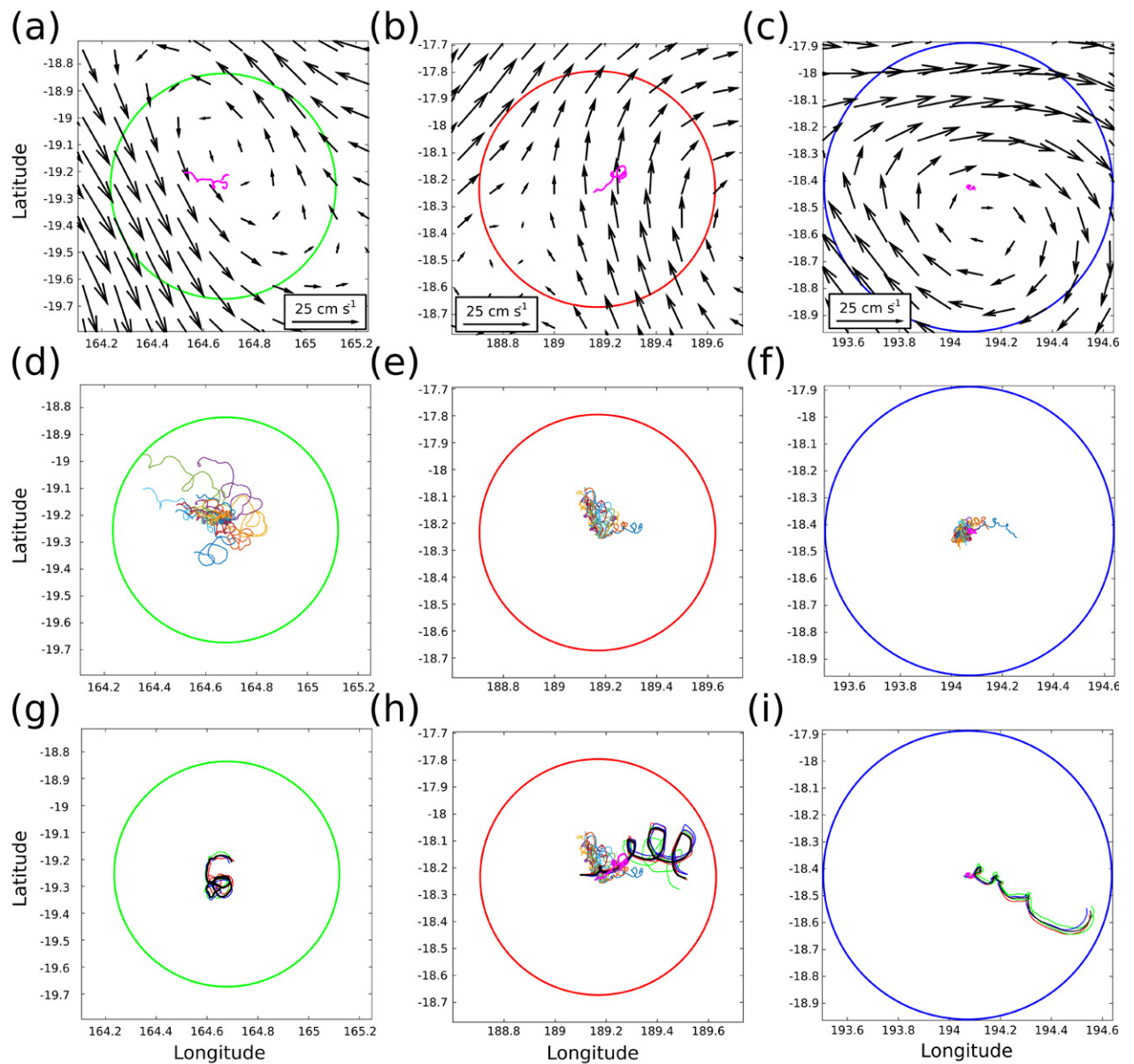


FIGURE 3. Trajectoires observées et calculées pour l'analyse des courants aux trois stations de longues durées échantillonnées lors de la campagne OUTPACE à partir (a) des mouillages dérivants, (b) de l'ADCP de coque et (c) des flotteurs SVP (de Verneil et al., 2018).

UNE POMPE BIOLOGIQUE SIGNIFICATIVE SOUTENUE PAR LA FIXATION D'AZOTE

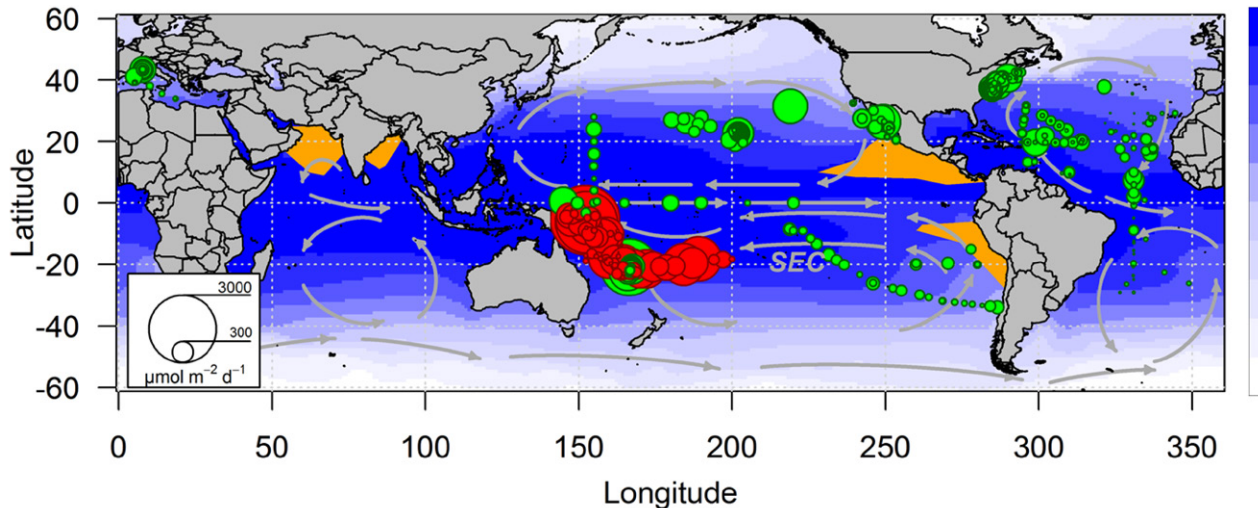


FIGURE 4. Taux intégrés de fixation de N_2 dans la couche éclairée (Figure 4. Taux intégrés de fixation de N_2 dans la couche éclairée ($\mu\text{mol N m}^{-2} \text{d}^{-1}$) provenant essentiellement de la campagne océanographique OUTPACE (en rouge) et de la base de données MAREDAT (en vert). Les flèches grises représentent schématiquement les principaux courants de surface. SEC: Courant équatorial sud. Les régions ombrées en orange représentent les principales zones à minima d'oxygène (OMZs). In Bonnet, S., Caffin, M., Berthelot, H. and Moutin, T.: *Hot spot of N_2 fixation in the western tropical South Pacific pleads for a spatial decoupling between N_2 fixation and denitrification*, Proc. Natl. Acad. Sci., 114(14), E2800–E2801, doi:10.1073/pnas.1619514114, 2017.

Nous avons trouvé une pompe biologique de carbone significative dans le Pacifique tropical SW riche en fer. La fixation de N_2 est le processus majeur introduisant l'azote nécessaire pour soutenir cette pompe et permettre une assimilation significative de carbone atmosphérique par l'océan. Le lien direct entre fixation de N_2 et exportation de carbone proposé pour le Pacifique tropical SW (Moutin et al., 2018), point chaud de la fixation de N_2 océanique (Bonnet et al., 2017, 2018, et figure 4), nécessite de considérer les changements à courtes échelles de temps comme en particulier celle associée au changement climatique en cours, l'échelle décennale. Dans ce milieu riche en fer (Moutin et al., 2008; Guieu et al., 2018), la disponibilité en phosphate pourrait apparaître comme le contrôle ultime de l'apport d'azote par la fixation de N_2 , et par conséquent de l'efficacité de la pompe biologique du carbone dans cette région.

EN CONCLUSION

Nous pouvons considérer que 100% des objectifs initiaux ont été atteints. L'amélioration de la connaissance scientifique acquise durant le projet OUTPACE est importante à plusieurs niveaux. Elle permet de mieux comprendre la relation entre disponibilité nutritive, production biologique et export de carbone. Cette relation est essentielle car elle détermine la force de la pompe biologique qui dans les derniers millénaires était considérée à l'équilibre, et dont l'intensité risque d'être modifiée avec l'altération du climat. L'amélioration de cette connaissance scientifique est donc particulièrement importante au niveau sociétal, car le réchauffement climatique est le principal défi auquel notre société va devoir faire face dans les années à venir. Nous devons impérativement mieux comprendre l'ensemble des processus influençant la séquestration océanique du carbone anthropique car le réchauffement futur de la Terre en dépend. Les données OUTPACE actuellement disponibles pour la communauté internationale (<http://www.obs-vlfr.fr/proof/php/outpace/>; <https://www.nodc.noaa.gov/ocads/data/0177706.xml>) répondent clairement à un manque dans cette région sous-échantillonnée de l'océan. Elles vont être largement utilisées pour calibrer les modèles à l'échelle globale.

Les principaux résultats scientifiques de la campagne OUTPACE sont détaillés dans 26 articles d'une issue spéciale de la revue *Biogéosciences* intitulée « Interactions entre les organismes planctoniques et les cycles biogéochimiques à travers des gradients trophique et de fixation d'azote dans l'océan Pacifique

tropical sud-ouest : une approche multidisciplinaire (l'expérience OUTPACE)», éditeurs : T. Moutin, S. Bonnet, K. Richards, D. G. Capone, E. Marañón, et L. Mémerly ; https://www.biogeosciences.net/special_issue894.html

Cinq autres articles ont été publiés en dehors de l'issue spéciale.

POUR PLUS D'INFORMATIONS

- Site web de la campagne : <https://outpace.mio.univ-amu.fr/>
DOI : <https://doi.org/10.17600/15000900>
- Les financements ont été obtenus par les participants étrangers, et nationalement pour la France de l'ANR pour les 3 laboratoires partenaires français (MIO, LOCEAN, LOV), du CNRS-INSU-LEFE, de l'IRD (Action Incitative Sud et GOPS-Grand Observatoire du Pacifique Sud) et du laboratoire MIO (financement total 635 k€, sans considérer les coûts du navire océanographique et des salaires). Le financement par l'ANR (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Projet-ANR-14-CE01-0007>) représente environ 60 % du financement.
- Toute l'équipe OUTPACE tient à chaleureusement remercier l'équipage de *L'Atalante* pour son professionnalisme et sa sympathie.

RÉFÉRENCES

Bonnet, S., Caffin, M., Berthelot, H., Grosso, O., Benavides, M., Helias-Nunige, S., Guieu, C., Stenegren, M., and Foster, R. A. : In-depth characterization of diazotroph activity across the western tropical South Pacific hotspot of N₂ fixation (OUTPACE cruise), *Biogeosciences*, 15, 4215-4232, <https://doi.org/10.5194/bg-15-4215-2018>, 2018.

Bonnet, S., M. Caffin, H. Berthelot and Moutin, T. (2017) *Hotspot of N₂ fixation in the western tropical South Pacific pleads for a spatial decoupling between N₂ fixation and denitrification*. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.16195184114.

Caffin, M., Moutin, T., Foster, R. A., Bouruet-Aubertot, P., Doglioli, A. M., Berthelot, H., Guieu, C., Grosso, O., Helias-Nunige, S., Leblond, N., Gimenez, A., Petrenko, A. A., de Verneil, A., and Bonnet, S. : N₂ fixation as a dominant new N source in the western tropical South Pacific Ocean (OUTPACE cruise), *Biogeosciences*, 15, 2565-2585, <https://doi.org/10.5194/bg-15-2565-2018>, 2018.

de Verneil, A., Rousselet, L., Doglioli, A. M., Petrenko, A. A., Maes, C., Bouruet-Aubertot, P., and Moutin, T. : OUTPACE long duration stations : physical variability, context of biogeochemical sampling, and Evaluation of sampling strategy, *Biogeosciences*, 15, 2125-2147, <https://doi.org/10.5194/bg-15-2125-2018>, 2018.

Dutheil, C., Aumont, O., Gorguès, T., Lorrain, A., Bonnet, S., Rodier, M., Dupouy, C., Shiozaki, T., and Menkes, C. : Modelling N₂ fixation related to *Trichodesmium* sp. : driving processes and impacts on primary production in the tropical Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 15, 4333-4352, <https://doi.org/10.5194/bg-15-4333-2018>, 2018.

Gimenez, A., Baklouti, M., Wagener, T., and Moutin, T. : Diazotrophy as the main driver of the oligotrophy gradient in the western tropical South Pacific Ocean : results from a one-dimensional biogeochemical-physical coupled model, *Biogeosciences*, 15, 6573-6589, <https://doi.org/10.5194/bg-15-6573-2018>, 2018.

Guieu, C., S. Bonnet, A. Petrenko, C. Menkes, V. Chavagnac, K. Desboeufs, C. Maes & T. Moutin. Iron from a submarine source impacts the productive layer of the Western Tropical South Pacific (WTSP). *Nature Scientific Reports*, volume 8, Article number : 9075 (2018).

Moutin, T., Doglioli, A. M., de Verneil, A., and Bonnet, S. : Preface : The Oligotrophy to the Ultra-oligotrophy PACific Experiment (OUTPACE cruise, 18 February to 3 April 2015), *Biogeosciences*, 14, 3207-3220, <https://doi.org/10.5194/bg-14-3207-2017>, 2017.

Moutin, T., Karl, D. M., Duhamel, S., Rimmelin, P., Raimbault, P., Van Mooy, B. A. S., and H. Claustre. 2008. Phosphate availability and the ultimate control of new nitrogen input by nitrogen fixation in the tropical Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 5, 95-109.

Moutin, T., Wagener, T., Caffin, M., Fumenia, A., Gimenez, A., Baklouti, M., Bouruet-Aubertot, P., Pujol-Pay, M., Leblanc, K., Lefevre, D., Helias Nunige, S., Leblond, N., Grosso, O., and de Verneil, A. : Nutrient availability and the ultimate control of the biological carbon pump in the western tropical South Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 15, 2961-2989, <https://doi.org/10.5194/bg-15-2961-2018>, 2018.

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE



Réunion Post-campagne *OUTPACE* à l'Institut Méditerranéen d'Océanographie (MIO) à Marseille les 4 et 5 juillet 2016.

L'expérience *OUTPACE* (*Oligotrophy to Ultraoligotrophy PACific Experiment*) coordonnée par le MIO (*Mediterranean Institute of Oceanography*) a débuté en octobre 2014 et s'est terminée en septembre 2018. Ce projet a offert l'opportunité de renforcer les collaborations françaises avec différentes équipes internationales et a permis à environ 50 scientifiques de 7 laboratoires de recherche français et 7 laboratoires étrangers (USA, Israël, Allemagne, Suède, Fidji, Chili, Japon) de travailler ensemble autour d'un objectif commun.

L'expérience *OUTPACE* est basée sur une expertise forte des différents partenaires dans leurs domaines de recherche complémentaires : physique, chimie, biogéochimie marine, optique, microbiologie marine, biologie moléculaire, génétique et modélisation. Ce large spectre d'expertises a permis de lier les spécialités de façon originale, comme le montre les nombreux articles interdisciplinaires proposés dans l'issue spéciale publiée dans *Biogeosciences*. *OUTPACE* traite de recherche fondamentale étroitement liée à un challenge sociétal dans la mesure où cette recherche concerne le rôle de l'océan dans la régulation du climat

LE PROJET OVIDE :

16 ANS D'OBSERVATION DE L'ATLANTIQUE NORD SUBPOLAIRE

AUTEURS

Pascale Lherminier et l'équipe OVIDE

CAMPAGNES OVIDE, CATARINA, GEOVIDE, BOCATS

Océan Atlantique Nord
Étés 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018
À bord des navires *Thalassa*, *Pourquoi Pas ?*, *Maria S. Merian* et du *Sarmiento de Gamboa*



THALASSA © Ifremer. Séverine Tourbot-Paul

OBJECTIFS

Depuis 2002, le projet OVIDE a contribué à l'observation des propriétés de circulation et des masses d'eau le long de la section joignant le Groenland au Portugal référencée comme WOCE A25 ou « section OVIDE ». Dans le contexte du changement climatique, l'objectif était de documenter et

comprendre la variabilité des propriétés de la circulation et des masses d'eau dans le nord de l'Atlantique Nord avec un accent particulier sur la mise en évidence de la variabilité de la circulation méridienne de retournement et du puits de carbone.

LE RÔLE DE L'ATLANTIQUE NORD DANS L'ÉVOLUTION CLIMATIQUE

Dans l'océan Atlantique Nord, la quasi-totalité du volume en dessous de 2000 m de profondeur est occupée par les eaux profondes de l'Atlantique Nord (NADW). Il constitue la branche froide de la circulation méridienne de renversement de l'Atlantique (AMOC) qui est exporté vers le sud par le courant profond de bord ouest (DWBC) et certaines routes intérieures. Simultanément, la branche supérieure de l'AMOC transporte vers le nord l'eau chaude et salée d'origine subtropicale, qui est progressivement refroidie et partiellement convertie en eau de mode subpolaire (SPMW), l'une des sources NADW. Ces échanges entre les branches supérieure et inférieure de l'AMOC sont particulièrement intenses dans les régions de convection profonde du gyre subpolaire de l'Atlantique Nord. L'AMOC est responsable du transport de la chaleur vers le nord dans l'Atlantique, ce qui en fait une composante majeure du système climatique.

Les principaux changements de l'AMOC ont été associés aux changements climatiques majeurs du passé (Rahmstorf, 2002). Un ralentissement de l'AMOC est l'une des conséquences attendues de la réponse de l'océan au forçage anthropique (Schmittner et al., 2005). Cependant, l'amplitude et l'échelle de temps de cette réponse restent un sujet de débat (GIEC, 2013; Roberts et Palmer, 2012). Un ralentissement de l'AMOC aurait un impact significatif sur l'excès de chaleur et de CO₂ généré par les activités humaines. En effet, l'AMOC transfère la chaleur et le CO₂ dans les couches profondes de l'océan, favorisant le rôle tampon de l'océan sur le changement climatique. Jusqu'à présent, l'océan a absorbé environ 93 % de l'excès de chaleur lié à l'augmentation de l'effet de serre (Cheng et al., 2019), et environ 30 % des émissions anthropiques de CO₂ (C_{ant}) depuis le début de l'ère industrielle. L'AMOC agit comme une pompe physique de C_{ant} dans l'Atlantique Nord, et son efficacité pourrait être réduite par la réduction de l'AMOC en réponse au forçage anthropique (Perez et al., 2010; 2013).

LE PROJET OVIDE

Les campagnes biennales OVIDE contribuent depuis 2002 à l'observation des éléments de circulation du gyre subpolaire de l'océan Atlantique Nord, afin de mieux comprendre la variabilité climatique de cet océan et ses interactions avec l'atmosphère. Les données recueillies sont conformes aux exigences des normes internationales tant en qualité qu'en quantité, de plus la section OVIDE a été labellisée « Section de référence haute-résolution » par la *Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigations Program* (GO-SHIP⁴). Avec ces données, nous étudions certaines caractéristiques océaniques qui ont un impact potentiellement important sur le climat de l'Europe :

- l'amplitude de la circulation méridienne de renversement et les variations associées des caractéristiques des masses d'eau sur la verticale;
- les caractéristiques des eaux modales subpolaires et des régions de convection profonde, afin de comprendre la variabilité de leur formation et leur association avec le transfert de chaleur entre l'océan et l'atmosphère;
- la variabilité du puits de CO₂ dans l'Atlantique subpolaire et celle des bilans naturels et anthropiques du carbone par rapport à la variabilité des flux air-mer et de la circulation.

Le programme scientifique OVIDE est basé sur toutes les données in situ recueillies dans le tourbillon subpolaire de l'Atlantique Nord, qui comprennent les radiales hydrographiques et géochimiques (GO-SHIP A25, IOCCP, CDIAC) effectuées tous les deux ans entre le Groenland et le Portugal (figure 1), deux années d'observation continue du courant de la limite ouest par des mouillages à l'est de la pointe du Groenland, des données altimétriques satellitaires, le réseau de Floteurs profileurs Argo, ainsi que les forçages atmosphériques issus des modèles des centres météorologiques. Le programme d'analyse des données comprenait la mise en œuvre de modèles inverses et s'appuyait sur la simulation pronostique à ¼° de résolution horizontale qui a permis de situer les observations OVIDE dans un contexte dynamique cohérent.

4. <http://www.go-ship.org>

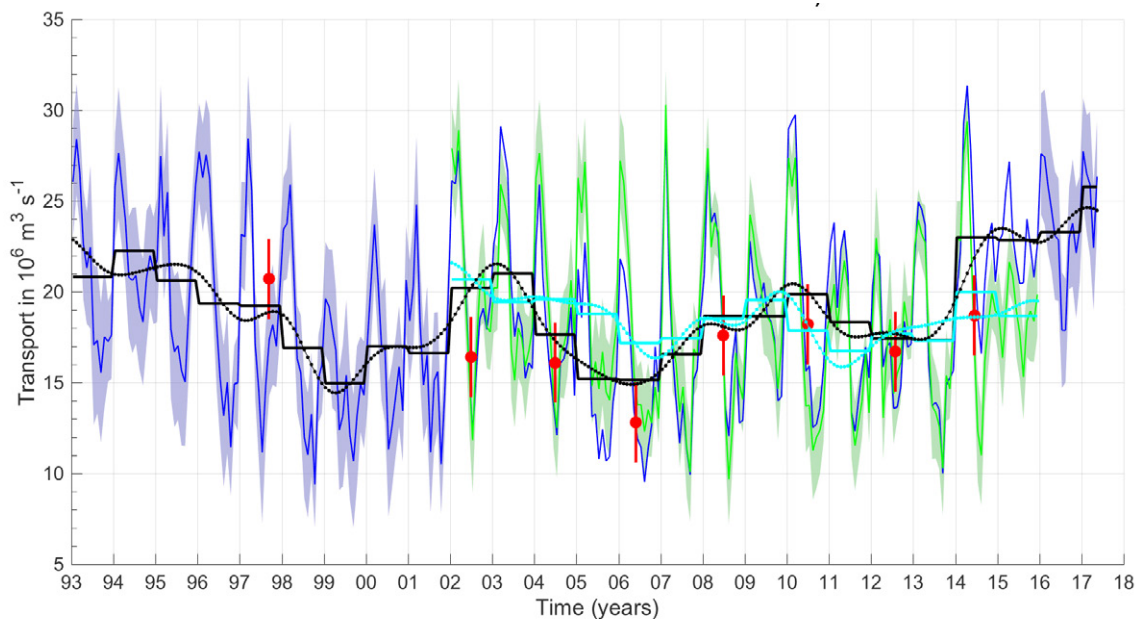


FIGURE 2. Série temporelle de l'amplitude de la circulation méridienne de renversement au niveau de la section Ovide comme dans Mercier et al (2015). Les points rouges sont les estimations des données de campagnes. La courbe bleue combine les données altimétriques et une climatologie mensuelle de la période ARGO, et les courbes noires sont la moyenne glissante sur 2 ans et les moyennes annuelles. La courbe verte combine l'altimétrie avec toutes les données *in situ* moyennées mensuellement depuis le début du programme ARGO.

Une étude minutieuse des données acquises a montré que l'estimation du transport de la branche supérieure de l'AMOC pouvait être un bon indicateur de l'amplitude de l'AMOC. Sachant que la branche supérieure était moins profonde que 2000 m, les données des profileurs Argo pouvaient être utilisées en combinaison avec les courants de surface de l'altimétrie pour calculer une série temporelle de l'amplitude AMOC à travers OVIDE (courbe verte de la figure 2; Mercier et al., 2015). Constatant que la variabilité des courants de surface avait beaucoup plus d'impact que la variabilité des données hydrographiques, une climatologie mensuelle de ces dernières a été utilisée pour explorer la variabilité avant l'ère Argo (courbe bleue de la figure 2). L'accord remarquable entre les deux estimations indépendantes de l'AMOC aux périodes de campagne a validé notre approche.

Cette série temporelle de l'AMOC confirme la forte variabilité interannuelle des estimations de l'AMOC pour chaque campagne, malgré l'importante variabilité saisonnière. Cette variabilité saisonnière est en fait comparable à celle de la série temporelle de 13 ans mesurée par le réseau RAPID à 26,5°N (6,7 Sv; Kanzow et al., 2010), mais elle résulte de processus différents.

De plus, l'amplitude moyenne de l'AMOC est similaire à OVIDE et RAPID, ce qui révèle que la majeure partie de la conversion de l'eau légère en eau dense (ou chaude en froide) se produit à l'est du Groenland et non dans la mer du Labrador, où la convection profonde ne fait que transformer (et densifier) l'eau qui est déjà dans la branche inférieure de l'AMOC. Ce résultat nous a conforté dans le choix de la section OVIDE pour surveiller l'AMOC.

La série temporelle de l'AMOC présente également une forte variabilité décennale, à environ 8 ans (figure 2); son origine est encore sujette à débat, puisqu'elle est apparemment décorrélée de la plus faible variabilité décennale à 26,5°N (Smeed et al., 2018). Une série chronologique plus longue à cette latitude subtropicale est nécessaire pour montrer (ou non) le décalage de 5-12 ans obtenu par les modèles numériques entre les régions subpolaires et subtropicales (Robson et al., 2016; Ortega et al., 2017). Il est essentiel de comprendre les processus qui déterminent la variabilité de l'AMOC pour être en mesure de prévoir de façon fiable l'état dynamique futur de l'océan.

PLUS D'INFORMATIONS

DATES	PROJECT	NAVIRES	CHEFS DE MISSION	RÉFÉRENCE
06/10 au 07/12/2002	OVIDE	Thalassa	Herlé Mercier	
06/04 au 07/07/2004	OVIDE	Thalassa	Thierry Huck	
05/21 au 06/28/2006	OVIDE	M.S. Merian	Pascale Lherminier	https://doi.org/10.18142/140
06/10 au 07/10/2008	OVIDE	Thalassa	Bruno Ferron	
06/08 au 07/07/2010	OVIDE	Thalassa	Virginie Thierry	
06/21 au 07/24/2012	CATARINA	Sarmiento de Gamboa	Aida F. Ríos	http://hdl.handle.net/10261/115138
05/15 au 06/30/2014	GEOVIDE	Pourquoi Pas ?	Géraldine Sarthou et Pascale Lherminier	https://doi.org/10.17600/14000200
06/17 au 07/31/2016	BOCATS	Sarmiento de Gamboa	Fiz F. Perez	http://hdl.handle.net/10261/154348
06/11 au 07/16/2018	OVIDE	Thalassa	Pascale Lherminier	https://doi.org/10.17600/18000510

RÉFÉRENCES

Anderson, R. F., & Henderson, G. M. (2005). Program update: GEOTRACES—A Global study of the marine biogeochemical cycles of trace elements and their isotopes. *Oceanography*, 18(3), 76–79. DOI: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.31>

Cheng, Lijing, John Abraham, Zeke Hausfather, Kevin E. Trenberth, 2019: How fast are the oceans warming? *Science*, Vol. 363 (6423), pp. 128-129. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aav7619>.

Daniault Nathalie, Mercier Herle, Lherminier Pascale, Sarafanov Artem, Falina Anastasia, Zunino Patricia, Perezf Fiz F., Rios Aida F., Ferron Bruno, Huck Thierry, Thierry Virginie, Gladyshev Sergey (2016). The northern North Atlantic Ocean mean circulation in the early 21st Century. *Progress In Oceanography*, 146, 142-158. Publisher's official version: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.06.007>, Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00345/45569/>

Gourcuff Claire, Lherminier Pascale, Mercier Herle, Le Traon Pierre-Yves (2011). Altimetry combined with hydrography for ocean transport estimation. *Journal of Atmospheric And Oceanic Technology*, 28(10), 1324-1337. DOI: <https://doi.org/10.1175/2011JTECH018.1>, Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00038/14921/>

IPCC (2013), CLIMATE CHANGE 2013: *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Bischung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lherminier, P., H. Mercier, C. Gourcuff, M. Alvarez, S. Bacon, and C. Kermabon (2007), Transports across the 2002 Greenland-Portugal Ovide section and comparison with 1997, *J. Geophys. Res.*, 112(C7), C07003, DOI: <https://doi.org/10.1029/2006JC003716>.

Lherminier, P., H. Mercier, T. Huck, C. Gourcuff, F. F. Perez, P. Morin, A. Sarafanov, and A. Falina (2010), The Atlantic Meridional Overturning Circulation and the subpolar gyre observed at the A25-OVIDE section in June 2002 and 2004, *Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.*, 57(11), 1374–1391, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2010.07.009>.

Mercier Herle, Lherminier Pascale, Sarafanov Artem, Gaillard Fabienne, Daniault Nathalie, Desbruyeres Damien, Falina Anastasia, Ferron Bruno, Gourcuff Claire, Huck Thierry, Thierry Virginie (2015). Variability of the meridional overturning circulation at the Greenland-Portugal OVIDE section from 1993 to 2010. *Progress In Oceanography*, 132, 250-261.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.11.001>,
Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00165/27583/>

Ortega, P., Robson, J., Sutton, R.T. et al. Clim Dyn (2017): Mechanisms of decadal variability in the Labrador Sea and the wider North Atlantic in a high-resolution climate model. *Climate Dyn.*, 49, 2625-2647. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3467-y>

OVIDE Group (2019): The OVIDE set of cruises. French Oceanographic cruises directory, <https://doi.org/10.18142/140>

Robson J, Ortega P, Sutton R (2016) A reversal of climatic trends in the North Atlantic since 2005. *Nat Geosci* 9:513–517. DOI: <https://doi.org/10.1038/NNGEO2727>.

Perez, F. F., M. Vázquez-Rodríguez, H. Mercier, a. Velo, P. Lherminier, and a. F. Ríos (2010), Trends of anthropogenic figure storage in North Atlantic water masses, *Biogeosciences*, 7(5), 1789–1807, DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-7-1789-2010>.

Perez, F. F., H. Mercier, M. Vázquez-Rodríguez, P. Lherminier, A. Velo, P. C. Pardo, G. Rosón, and A. F. Ríos (2013), Atlantic Ocean figure uptake reduced by weakening of the meridional overturning circulation, *Nat. Geosci.*, 6(2), 146–152, DOI: <https://doi.org/10.1038/ngeo1680>.

Perez Fiz F, Fontela Marcos, Garcia-Ibanez Maria Isabel, Mercier Herle, Velo Anton, Lherminier Pascale, Zunino Patricia, De La Paz Mercedes, Alonso-Perez Fernando, Guallart Elisa E., Padin Xose A. (2018). Meridional overturning circulation conveys fast acidification to the deep Atlantic Ocean. *Nature*, 554(7693), 515-518. Publisher's official version : DOI: <https://doi.org/10.1038/nature25493>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00426/53783/>

Rahmstorf, S. (2002), Ocean circulation and climate during the past 120,000 years., *Nature*, 419(6903), 207–214, DOI: <https://doi.org/10.1038/nature01090>.

Roberts, C. D., and M. D. Palmer (2012), Detectability of changes to the Atlantic meridional overturning circulation in the Hadley Centre Climate Models, *Clim. Dyn.*, 39(9–10), 2533–2546, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1306-3>.

Sarthou Géraldine, Lherminier Pascale (2014) GEOVIDE cruise, RV *Pourquoi pas?*, French Oceanographic cruises directory, <https://doi.org/10.17600/14000200>

Sarthou Geraldine, Lherminier Pascale, et al. (2018). Introduction to the French GEOTRACES North Atlantic Transect (GA01): GEOVIDE cruise. *Biogeosciences*, 15(23), 7097-7109. Publisher's official version: <https://doi.org/10.5194/bg-15-7097-2018>, Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00470/58178/>

Schmittner, A., M. Latif, and B. Schneider (2005), Model projections of the North Atlantic thermohaline circulation for the 21st century assessed by observations, *Geophys. Res. Lett.*, 32(23), L23710, DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL024368>.

Smeed, D. A., S. A. Josey, C. Beaulieu, W. E. Johns, B. I. Moat, E. Frajka-Williams, D. Rayner, C. S. Meinen, M. O. Baringer, H. L. Bryden, and G. D. McCarthy (2018): The North Atlantic Ocean Is in a State of Reduced Overturning. *Geophys. Res. Lett.*, 370 (1962), 1228–1533. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017GL076350>

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE

Le projet OVIDE a été initié et porté par Herlé Mercier (LOPS, CNRS) depuis 2001, épaulé par une équipe de quatre chercheurs français du LOPS (Ifremer, CNRS et UBO) et deux chercheurs espagnols (CSIC/IIM) et par le Service Technique d'Observation in Situ.

Les données du projet OVIDE ont donné lieu à 12 thèses. Le projet a été principalement financé par la Flotte océanographique française, l'Ifremer, le CNRS, l'INSU, Les Enveloppes Fluides et l'Environnement (LEFE), le Ministère Espagnol de l'Économie et de la Compétitivité et cofinancé par le Fondo Europeo de Desarrollo Regional 2014-2020 (FEDER), le « Laboratoire d'Excellence » LabexMER (ANR-10-LABX-19) et cofinancé par une subvention du gouvernement français du programme « Investissements d'Avenir ».

Nous sommes profondément reconnaissants aux équipages et aux capitaines qui nous ont accompagnés et aidés lors des campagnes OVIDE, pour leur travail acharné et leur dévouement.

OBSERVATION DU MÉLANGE HIVERNAL ET SON EFFET SUR LA BIOGÉOCHIMIE ET LES COMMUNAUTÉS PLANCTONIQUES EN MÉDITERRANÉE

AUTEURS

Auteurs : Pascal Conan⁶, Pierre Testor⁷,
Claude Estournel⁸, Fabrizio D'Ortenzio⁹
et Xavier Durrieu de Madron¹⁰

PROJETS DEWEX ET MOOSE

Méditerranée, bassin occidental
De 2012 à 2013
À bord du *Téthys II* et du *Suroît*



Récupération d'une ligne de mouillage
sur le *Téthys* © Xavier Durrieu de Madron/
CEFREM/CNRS Photothèque

OBJECTIFS

L'idée centrale du projet DeWEx est d'échantillonner à méso-échelle de façon continue et tout au long de l'année, l'évolution de la couche de mélange et de son contenu biogéochimique dans toute la zone nord-ouest de la Méditerranée et pour un cycle saisonnier complet, afin d'associer directement les épisodes « clés » des blooms aux mécanismes de forçage survenant dans la zone.

6. Laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC), CNRS-SU, Banyuls-sur-Mer.
7. Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN), CNRS-MNHN-IRD-SU, Paris.
8. Laboratoire d'Aérodynamique (LA), CNRS-UPS, Toulouse.
9. Laboratoire d'Océanologie de Villefranche, CNRS-SU, Villefranche-sur-Mer.
10. Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM), CNRS-UPVD, Perpignan.

En plus des deux campagnes MOOSE-GE, le projet DeWEX comprend 4 campagnes. Six campagnes ont été ainsi réalisées : MOOSE-GE2012 à l'été 2012, DoWEX2012 début automne 2012, DeWEX2013-Leg1 en février 2013, DeWEX2013-Leg2 en avril 2013, MOOSE-GE2013 à l'été 2013, DoWEX2013 début automne 2013, permettant ainsi de résoudre un cycle annuel complet.

L'expérience DeWEX et la campagne DoWEX2013 font partie du programme MERMEX et se rattachent principalement au thème « Impacts des conditions hydrodynamiques sur les bilans biogéochimiques ». Le financement de la campagne DoWEX2013 est assuré par MERMEX.

LES PHÉNOMÈNES DE FORMATION, DES EAUX DENSES

L'une des caractéristiques générales de la mer Méditerranée est sa faible teneur en nutriments et en minéraux, un état appelé « oligotrophie », qui affecte la productivité biologique. Cela est dû en partie à la façon dont l'eau circule dans le détroit de Gibraltar : il y a un écoulement vers l'est des eaux de surface pauvres en nutriments en provenance de l'Atlantique et un écoulement vers l'ouest des eaux profondes plus riches en nutriments en provenance de la Méditerranée.

Cependant, il existe certaines zones de la Méditerranée où des conditions océanographiques et atmosphériques particulières génèrent un mélange vertical intense dans la colonne d'eau. Dans ces zones de « formation d'eau dense », un mélange profond (atteignant parfois le fond à environ 2 500 mètres) peut se produire pendant la deuxième partie de l'hiver, en fonction des conditions météorologiques et océaniques de l'automne précédent. Ils sont situés au nord de la Méditerranée (golfe du Lion, mer Adriatique, mer Égée et bassin Levantin).

Bien que la formation d'eau dense soit géographiquement et temporellement spécifique, elle a des répercussions importantes sur la biogéochimie de l'ensemble de la mer Méditerranée. Ce processus injecte des quantités massives de nutriments dans la couche superficielle, déclenchant de grandes efflorescences phytoplanctoniques au printemps, tout en exportant également de la matière organique et de l'oxygène vers les couches profondes. Il contribue ainsi à la vitalité des écosystèmes à toutes les profondeurs et au stockage du carbone, en particulier celui d'origine anthropique, à moyen et long termes.

La mer Méditerranée s'avère particulièrement sensible au changement climatique. L'augmentation de la température de la couche superficielle affecte la stratification verticale, mais elle est contrebalancée par l'évaporation, ce qui entraîne une augmentation de la salinité. Ainsi, la Méditerranée pourrait continuer à produire de l'eau dense, mais par des mécanismes différents, ce qui pourrait affecter de façon spectaculaire les caractéristiques des masses d'eau, les bilans nutritifs et le fonctionnement des écosystèmes.

LES CAMPAGNES

Les campagnes de terrain se sont concentrées sur la zone située au large de la côte sud de la France, entre la Corse et la Sardaigne à l'est, et les îles Baléares à l'ouest. Cette région est caractérisée par de forts vents du nord (Mistrals) et du nord-ouest (Tramontane) en automne et en hiver. Ces vents sont à l'origine d'échanges air-mer intenses, qui sont à l'origine d'épisodes de convection profonde. Au printemps, ces processus déclenchent une efflorescence algale intense au large. En été, la colonne d'eau devient fortement stratifiée, du fait du réchauffement de la couche de surface, ce qui limite l'apport de nutriments et crée de fortes conditions oligotrophes. La reconstruction de ces cycles saisonniers pour les composantes océaniques, atmosphériques et biogéochimiques a constitué un défi d'observation indéniable et a favorisé une approche complètement nouvelle de la stratégie d'observation.

C'est pourquoi l'expérience DEWEX a été conceptuellement conçue pour compléter les échantillonnages « classiques » à bord des navires et d'avion par une grande variété de plates-formes autonomes (planeurs sous-marins, Flotteurs-profileurs, lignes de mouillage instrumentées, bouées fixes et dérivantes, ballons), ainsi que par la télédétection satellite (altimétrie, température de surface et couleur des océans - figure 1).

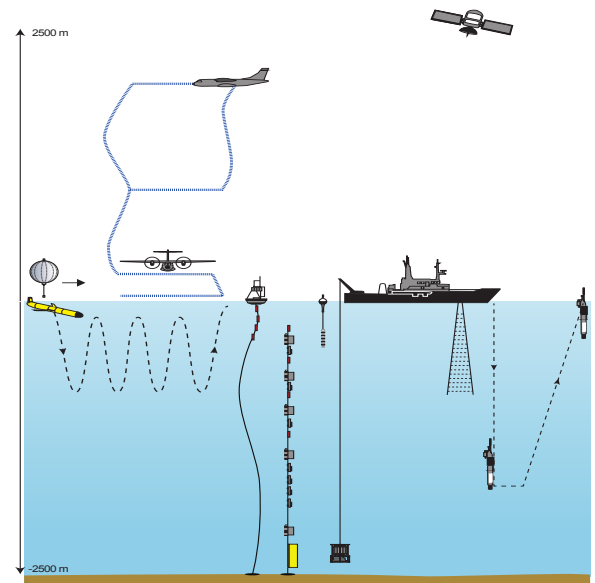


FIGURE 1. Vue des plates-formes aéroportées et océaniques utilisées pendant l'expérience DEWEX.

Ces plates-formes autonomes ont recueilli des données in situ pendant les intervalles entre les campagnes navires, fournissant une description précise de l'évolution physique et biogéochimique de la région pour l'ensemble de l'année 2012-2013 (figure 2).

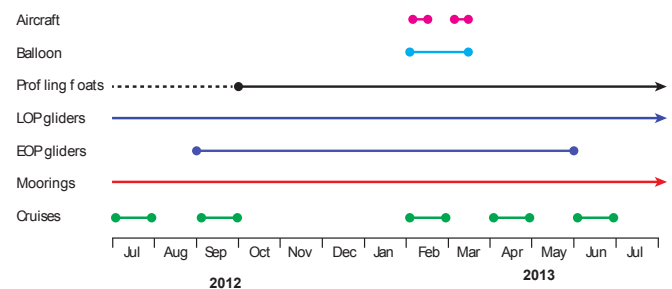


FIGURE 2. Calendrier des différentes plates-formes et moyens utilisés lors de l'expérience de formation en eau profonde (DEWEX) entre juillet 2012 et juillet 2013.

Ces efforts ont fourni un ensemble de données unique et complet pour valider et améliorer les modèles couplés physique/biogéochimique (figure 3). Les études ont également révélé d'importants processus dynamiques à petite échelle.

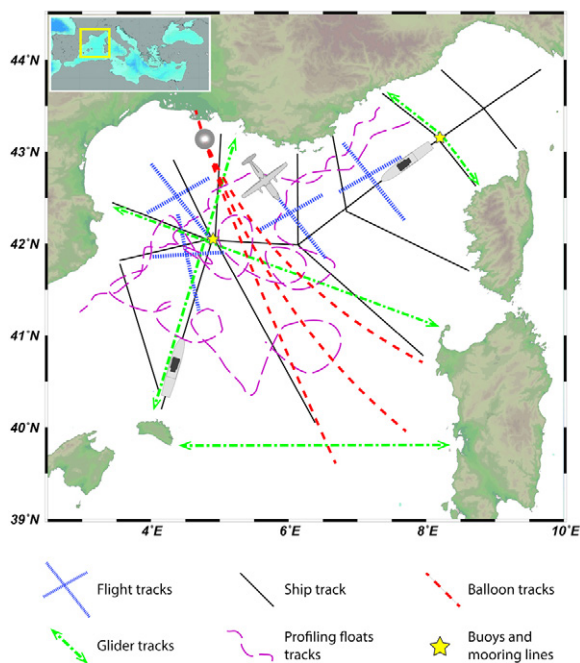


FIGURE 3. Esquisse de la stratégie d'échantillonnage et exemples de trajectoires de plates-formes aéroportées et océaniques lors de l'expérience DEWEX en Méditerranée nord-occidentale.

RÉSULTATS

Dans l'ensemble, la recherche a permis de mieux comprendre les dimensions quantitatives et qualitatives de la formation d'eau dense. Un numéro spécial¹¹ conjoint de JGR-Océans et JGR-Atmosphères présente les principaux résultats de ces travaux combinant observation et modélisation à de multiples échelles spatiales et temporelles¹².

Une partie de la recherche s'est concentrée sur la façon dont la dynamique de l'atmosphère et de l'océan affecte la formation d'eau dense. En caractérisant la complexité multidimensionnelle de l'énergie et des flux massiques associés, en particulier les échanges air-mer de chaleur latente dans des conditions de vent fort et la dispersion latérale des eaux profondes ventilées, il est

maintenant clair que la plupart des modèles numériques opérationnels de prévisions météorologiques utilisant une description unidimensionnelle des échanges verticaux doit être améliorée pour représenter correctement un tel phénomène.

D'autres travaux ont comparé les données *in situ* aux mesures satellitaires et modélisées et ont montré, par exemple, que la série chronologique reconstituée de la chlorophylle de surface extraite des observations *in situ* était similaire à celle obtenue à partir des observations satellites. En combinant toutes les données sur la chlorophylle provenant des profils disponibles, il a été possible de décrire sa distribution verticale tout au long du cycle annuel dans différentes biorégions.

D'autres études encore ont porté sur la variabilité interannuelle de la formation d'eau dense en utilisant les observations de 2012-2013 comme référence. Les mesures ont révélé que la convection de fond et la production de nouvelles eaux denses se caractérisent par une augmentation de la température, de la salinité et de la densité, et se produisent chaque hiver entre 2009 et 2013, ce qui en fait une période particulièrement longue d'interactions air-mer intenses comparativement à ce qui a été observé depuis la fin des années 1980. Cependant, le suivi des observations sur le mélange hivernal dans le cadre du système d'observation MOOSE a montré que l'intensité de la convection avait fortement réduit entre 2014 et 2018 et se traduisait par une augmentation de la température et de la salinité des eaux intermédiaires. Le prochain futur événement de convection profonde aura des conséquences considérables sur les eaux profondes de Méditerranée occidentale.

Une autre composante de la recherche était l'impact des formations denses d'eau sur la biogéochimie, en particulier les éléments nutritifs, de la colonne d'eau, les communautés planctoniques (du virus au zooplancton), la réoxygénation des eaux profondes, et les phénomènes de d'érosion des sédiments profonds générant des nuages de particules en suspension de plus de 2000 m d'épaisseur.

Des études ont également été menées sur les biorégions, qui distinguent les zones où la production primaire annuelle diffère en fonction de l'intensité de la convection et de la profondeur de la couche de mélange. La tendance générale émergente de ces dernières études est que la taille de la zone touchée par les convections influence fortement l'intensité de l'efflorescence planctonique printanière qui en résulte, tandis que la profondeur atteinte

11. Special issue Dense water formations in the North Western Mediterranean: from the physical forcings to the biogeochemical consequences ([https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)2169-9291.DENSEWATER01](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)2169-9291.DENSEWATER01))

12. Conan P., P. Testor, C. Estournel, F. D'Ortenzio, M. Pujol-Pay, X. Durrieu de Madron (2018). Preface to the Special Section: Dense water formations in the northwestern Mediterranean: From the physical forcings to the biogeochemical consequences. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123. <https://doi.org/10.1029/2018JC014301>

par la convection joue un rôle clé dans la diversité du plancton, en influençant la composition en éléments nutritifs issues des couches plus profondes.

Une expérience similaire, **PERLE** (*Pelagic Ecosystem Response in the Levantine Experiment*), est engagée depuis l'été 2018 jusqu'à l'été 2020 sur les formations d'eaux intermédiaires dans le bassin levantin en Méditerranée orientale et leurs impacts sur la biogéochimie et le fonctionnement de l'écosystème planctonique de cette région ultraoligotrophique. Elle est également basée sur une stratégie multiplateforme, comportera plusieurs campagnes en mer et bénéficiera d'une collaboration avec le SHOM et des partenaires italiens, grecs, chypriotes, turcs et israéliens.

POUR PLUS D'INFORMATIONS

- DEWEX : *DEep Water EXperiment*, http://mERMEX.pytheas.univ-amu.fr/wp-content/uploads/2012/05/DeWEX-flyer_Mars12.pdf
- MERMEX : *Marine Ecosystems Response in the Mediterranean EXperiment*, <http://mERMEX.pytheas.univ-amu.fr/>
- MOOSE : *Mediterranean Ocean Observing System for the Environment*, <http://www.moose-network.fr/>
- HYMEX : *Hydrological Cycle in the Mediterranean Experiment*, <https://www.hymex.org/>

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE

Les campagnes en mer ont été réalisées sous la responsabilité de Pascal Conan du LOMIC et de Pierre Testor du LOCEAN.

Plusieurs équipes nationales ont participé aux campagnes DEWEX à la fois pour la composante physique et biogéochimique mais également la partie modélisation. Les équipes françaises des unités mixtes de recherche entre le CNRS et Sorbonne Université au LOMIC à Banyuls/Mer, au LOCEAN à Paris, et au LOV à Villefranche/Mer, Universités d'Aix-Marseille au MIO, Université de Toulouse au LA, Université de Perpignan au CEFREM ont collaboré pour assurer le succès de cette opération d'envergure ayant mobilisée une logistique importante et des moyens humains conséquents. Des collègues de l'IRSN à la Seyne/Mer et du CNRM à Toulouse ont également contribué.

L'OBSERVATOIRE FOND DE MER EMSO - AÇORES

9 années consécutives d'opérations et d'études trans-disciplinaires

AUTEURE

I Valérie Chavagnac¹³

SÉRIE DE CAMPAGNES MOMARSAT

Depuis 2010

À bord du *Pourquoi pas ?*, du *Thalassa* et de *L'Atalante* avec ROV *Victor 6000* et *Nautil 6000*



Cheminées hydrothermales du site Lucky Strike. Campagne Momarsat 2010 © Ifremer

OBJECTIFS

Le programme multi-campagnes MoMARSat porte sur la maintenance de l'observatoire sous-marin pluridisciplinaire localisé au champ hydrothermal de Lucky Strike (Dorsale médio-Atlantique 37°N). Les objectifs de chaque campagne sont la récupération des nœuds de surveillance et de la bouée de communication, l'extraction des données enregistrées dans les disques durs des différents capteurs autonomes ou connectés au cours de la période de déploiement, la vérification et la maintenance de ces capteurs et la remise en place sur le fond ou dans la colonne d'eau, pour une année de mesures supplémentaires.

L'OBSERVATOIRE EMSO - AÇORES

EMSO (<http://www.emso-fr.org>) est une infrastructure de recherche distribuée au niveau européen qui concerne des infrastructures d'observatoires sur des sites fixes et positionnés en mer profonde du pourtour européen.

¹³. CNRS - GET UMR5563, Toulouse, France.

Les objectifs sont d'acquérir des séries temporelles sur le long terme (plus de 10 ans) sur les processus environnementaux liés aux interactions entre la géosphère, la biosphère et l'hydrosphère. Dans ce vaste programme pluridisciplinaire, l'implication française EMSO - France porte sur trois sites localisés aux Açores, en Mer Ligure et de Marmara, dont nous reportons ci-dessous les avancées scientifiques associées au site EMSO - Açores.

L'Observatoire EMSO - Açores est dédié à acquérir, traiter et modéliser des séries temporelles géophysiques, géochimiques et micro à macro biologiques pour comprendre en détails la dynamique des écosystèmes hydrothermaux des dorsales océaniques. En effet, les flux de fluide qui alimentent ces écosystèmes sont contrôlés à la fois par des circulations hydrothermales d'échelle kilométrique, stimulées par la chaleur émise de la chambre magmatique au sein de la lithosphère océanique, et par des circulations de fluides de plus petite échelle et des mélanges avec l'eau de mer en subsurface (jusqu'à la limite de la couche 2A). Quant à la colonne d'eau, les courants de fond à proximité des décharges hydrothermales jouent également un rôle quant à la dispersion spatiale du flux de fluide. L'Observatoire Fond de Mer EMSO - Açores est situé sur la dorsale Médio-Atlantique à environ 200 miles nautiques au Sud des Iles des Açores et à 1700m sous le niveau de la mer (Portugal, 37° 17'N, voir la figure 1).

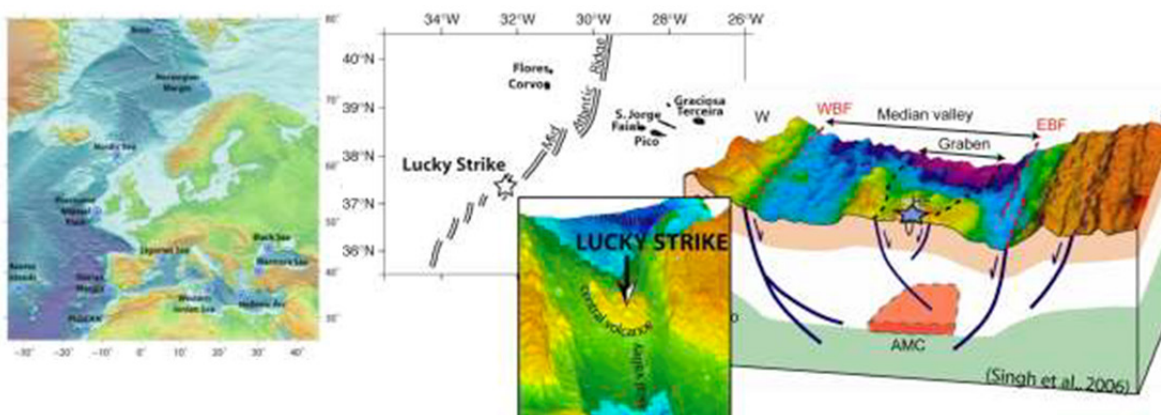


FIGURE 1. Localisation du site hydrothermal et de l'Observatoire Fond de Mer au champ hydrothermal de Lucky Strike (dorsale médio-Atlantique).

Cet Observatoire Fond de Mer se situe à l'aplomb d'un volcan sous-marin remplissant partiellement la vallée axiale de la dorsale, dont le lac de lave fossile atteste de l'activité volcanique passée. Il est équipé depuis l'automne 2010 (campagne océanographique MOMARSAT 2010) de deux nœuds instrumentés

de capteurs *in situ* (SEAMON Est et Ouest) dont les mesures sont transmises par satellite *via* une bouée de surface (figure 2).

Afin de suivre dans les meilleures conditions la dynamique hydrothermale au cours du temps, les deux nœuds de surveillance ont été placés à des endroits stratégiques du champ hydrothermal de Lucky Strike tout en facilitant la transmission des données acoustiques à la bouée BOREL (Ifremer) (Colaço et al., 2011). Tout d'abord, Seamon Ouest se situe au centre du lac de lave fossile, à l'aplomb de la chambre magmatique en profondeur. C'est le site idéal pour étudier *in situ* la déformation du plancher océanique *via* des instruments connectés comprenant un sismomètre fond de mer pour la sismicité (OBS, *Ocean Bottom Sismometer*) et une jauge de pression (JPP) pour la déformation verticale de la lithosphère (CNRS et IPGP). Le parc instrumental de mesure *in situ* est complété par un panel d'équipements autonomes de 4 OBS et 2 JPP en connexion avec un GPS installé sur la bouée BOREL. Grâce aux données sismiques enregistrées par ce pack instrumental, Crawford et al. (2013) ont ainsi mis en évidence une circulation de fluide parallèle à l'axe de la dorsale, pénétrant jusqu'au toit de la chambre magmatique et provoquant une intense activité sismique au front « cracking ».

En complément de cette approche géophysique, Seamon Est est, quant à lui, totalement dédié à une étude intégrative géophysique, géochimique et biologique de la dynamique hydrothermale. Cette démarche pluri-disciplinaires est menée au site emblématique de Tour Eiffel, c'est-à-dire une tour hydrothermale exceptionnelle de 18 m de hauteur où tout un écosystème très actif se développe. Une partie de l'instrumentation déployée est présentée à la figure 3.

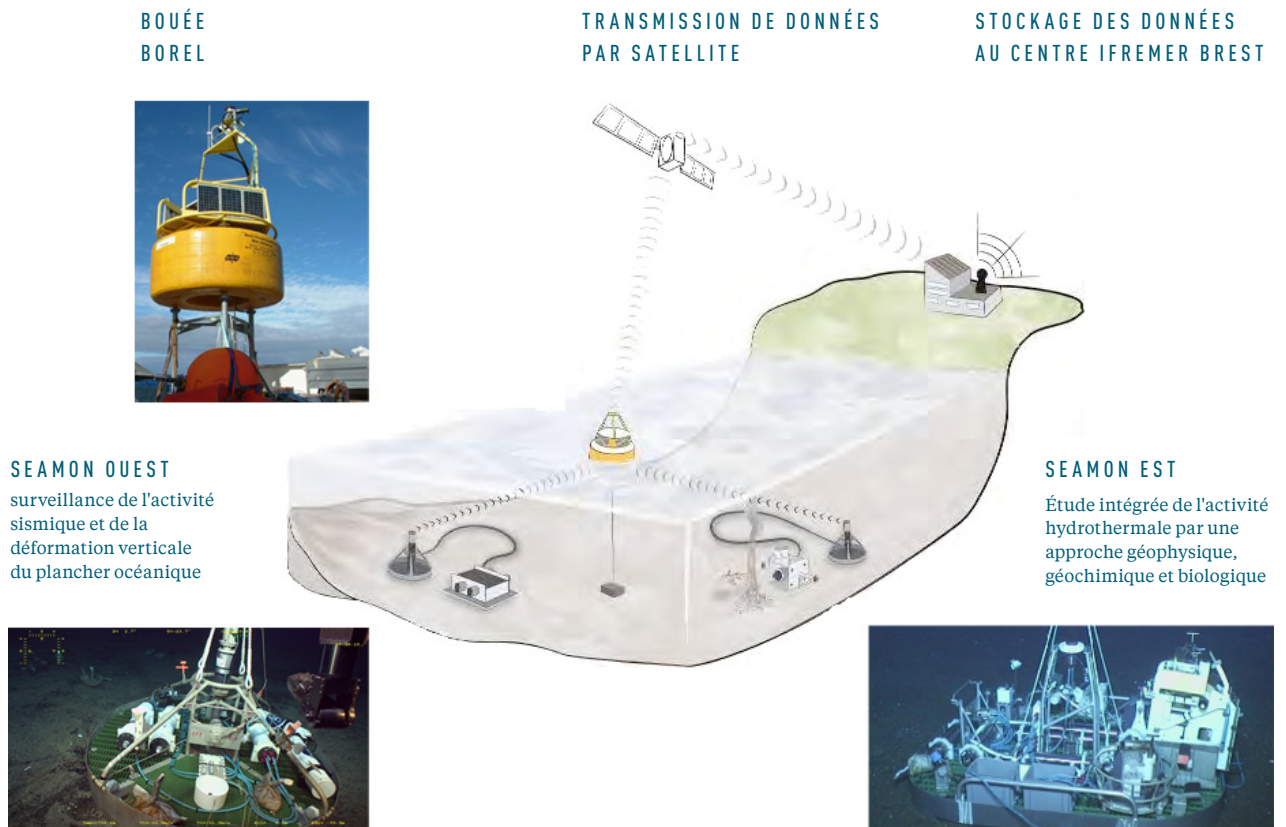


FIGURE 2. Principaux éléments de l'infrastructure de l'Observatoire Fond de Mer avec la bouée de transmission de données BOREL et les deux stations instrumentées de fond Seamon Est et Ouest. © Ifremer, photo du ROV Victor.

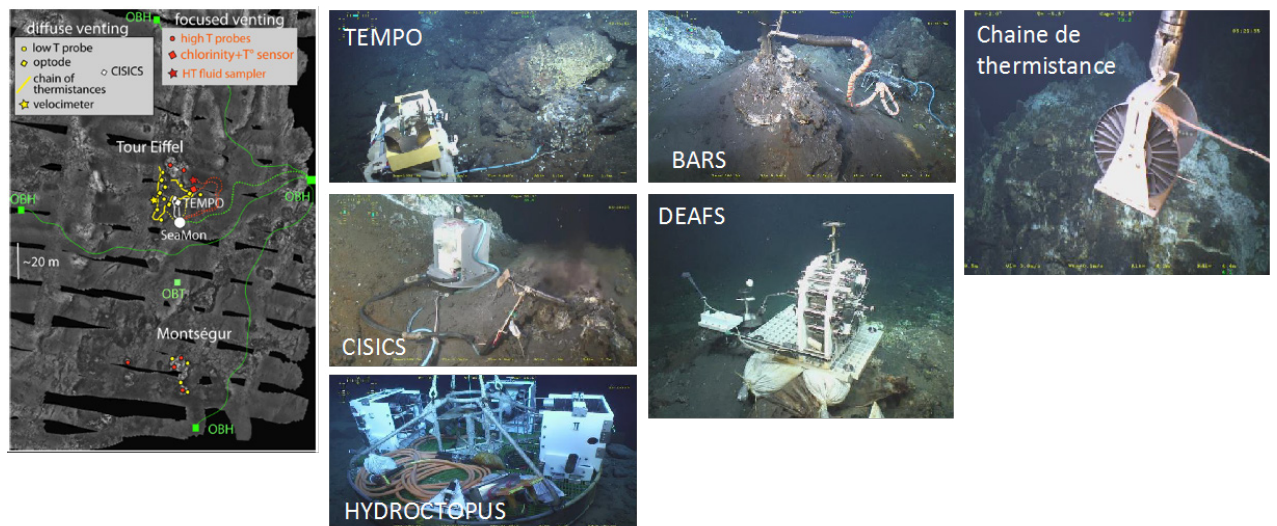


FIGURE 3. Plancher océanique entre les édifices hydrothermaux de Tour Eiffel et Monségur sur lequel est reporté la localisation des différents instruments connectés et autonomes déployés au sud-est du champ hydrothermal de Lucky Strike. Quelques photos des instruments de mesure géophysique (chaîne de thermistance et HYDROCTOPUS), géochimique (BZAR et DEAFS) et biologique (TEMPO et CISICS). © Ifremer, photo du ROV Victor.

RÉSULTATS

Dans son intégralité, Seamon Est représente un investissement considérable des différents partenaires (Ifremer et CNRS *via* IPGP, GET, MIO, LIENS, LOPS) en étroite collaboration avec l'Université des Açores (DOP) afin de concevoir un nœud de mesure intégratif composé :

- d'instrumentation en géophysique pour la mesure de la température (chaîne de thermistance), capteur de turbidité et HYDROCTOPUS (série d'hydrophones);
- d'instrumentation en biologie *via* CISICS (colonisateur géo-microbiologique) et TEMPO (caméra HD de la macrofaune);
- d'instrumentation en géochimie avec Optode (mesure d'oxygène dissout), BARS (capteur de chlorinité), CHEMINI (capteur de Fe et S pour fluides hydrothermaux de basse température) et DEAFS (multi-préleveur étanche aux gaz autonome et séquencé des fluides hydrothermaux de haute température).

Nous sommes ainsi en mesure de suivre l'activité micro-sismique associée aux processus tectoniques, magmatiques et hydrothermaux. Nous pouvons mettre en relation cette activité avec les variations de la température des fluides hydrothermaux, et avec les indications des sondes de pression. Nous pouvons aussi associer la variabilité de la composition du flux de fluide avec la biodiversité microbienne et la variabilité de la température de ces émanations. Le site web de EMSO-France (<http://www.emso-fr.org/EMSO-Azores>) donne des informations sur ce dispositif, l'accès à toutes les données acquises *in situ* et transmises ainsi qu'à une grande partie des données obtenues en temps différé.

Au cours de ces 9 années de fonctionnement, les voies de développement instrumental et d'amélioration des capacités de mesure de Seamon Est ont été initiées et stimulées par les nombreuses informations scientifiques obtenues par une instrumentation non connectée (4 OBS, 2JPPs, 30 capteurs de température autonomes, un mouillage d'océanographie physique,

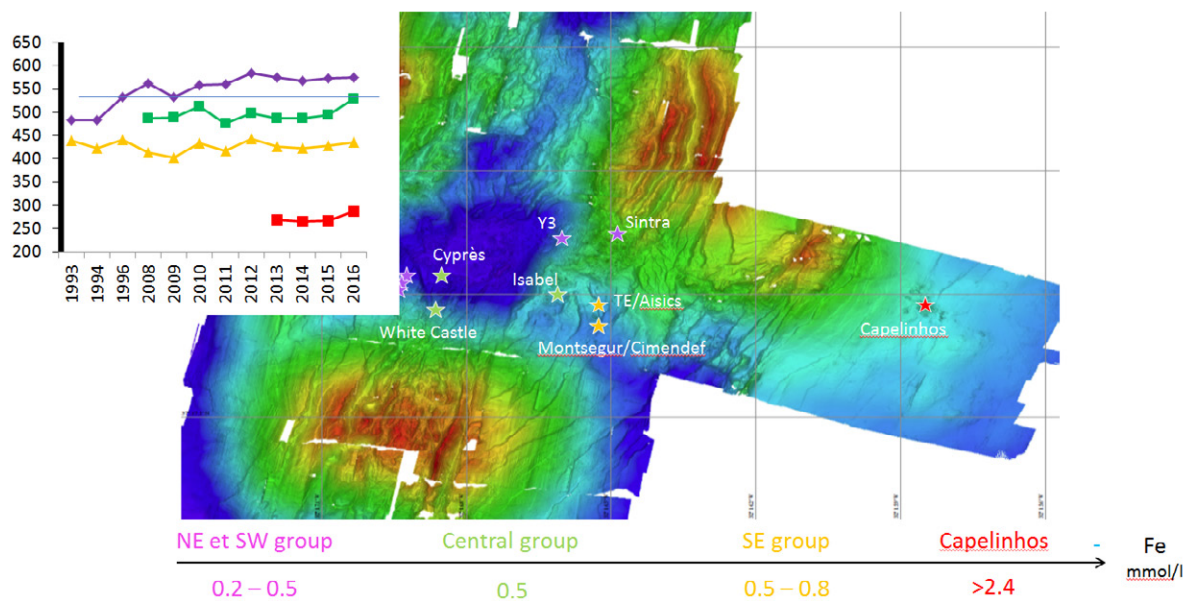


FIGURE 4. Carte micro-bathymétrique du champ hydrothermal de Lucky Strike où est reportée la localisation des 13 fumeurs noirs suivis annuellement pour leur composition chimique. Nous observons un gradient Ouest-Est s'exprimant par une augmentation des concentrations en Fer. En haut, à droite : photographie d'un prélèvement de fluide de haute température par seringue Titane (© ROV Victor 6000). EN HAUT À GAUCHE : variabilité temporelle de la concentration en chlore des fluides hydrothermaux des différents groupes de sites (Leleu, 2017; Chavagnac et al., 2018a).

3 courantomètres autonomes) complétée par un échantillonnage exhaustif de l'écologie (biodiversité *via* des substrats de colonisation macro à micro biologique, distribution spatiale), la collecte des fluides hydrothermaux de haute température sur 13 événements distribués sur l'intégralité du champ hydrothermal de Lucky Strike. Par ailleurs, une exploration géologique du champ hydrothermal de Lucky Strike a permis la découverte de nouveau événement comme Capelinhos découvert en 2013 à environ 1,5 km à l'est du champ historique de Lucky Strike (Escartin et al., 2015). Ces activités scientifiques périphériques, mais complémentaires à la maintenance de l'Observatoire Fond de Mer, demeurent des éléments clefs quant à une meilleure compréhension de la dynamique hydrothermale depuis la chambre magmatique jusqu'aux micro-habitats puisque c'est la découverte du site hydrothermal de Capelinhos qui a permis de proposer un nouveau modèle de circulation. Au premier ordre, la découverte de ce site atteste d'une circulation hydrothermale à plus grande échelle spatiale et en dehors du champ hydrothermal historique de Lucky Strike. L'échantillonnage systématique des décharges hydrothermales de haute température à 13 sites s'effectuent *via* des seringues en titane étanches (fabriquées par IFREMER) manipulées individuellement par le ROV *Victor 6000* et HOV *Nautilie 6000* (figure 4). Le suivi temporel de leur composition chimique a permis de mettre en évidence la particularité de celles de Capelinhos qui se distinguent de celles du champ historique par une chlorinité la plus faible (~230 mmol/l) mais une concentration en Fer dissout la plus élevée (>2.4 mmol/l) jamais mesurées à Lucky Strike (figure 4).

Pourtant, la température des décharges hydrothermales de Capelinhos autour de 320°C est similaire voir inférieure à celles mesurées sur les sites hydrothermaux de Lucky Strike (jusqu'à 360°C à South Crystal). Par ailleurs, ces 9 années de suivi indiquent que des sites présentent des compositions chimiques similaires, définissant ainsi 4 groupes de composition chimique (figure 4).

Le suivi annuel de la composition chimique de 13 sites distribués autour du lac de lave fossile permet de proposer un nouveau modèle de circulation (figure 5, Chavagnac et al., 2018a; Barreyre et al., 2014, 2018; Leleu, 2017; Fontaine et al., 2014) :

- une source unique en profondeur alimente l'intégralité de la cellule de circulation au champ hydrothermal de Lucky Strike;
- cette source unique subit le processus de séparation de phase au toit de la chambre magmatique à environ 2500 – 2800 m sous le plancher océanique et acquière sa composition chimique dans la zone de réaction (~400°C), caractérisée par de faible chlorinité, mais de forte concentration en Fer dissout;
- une grande faille lithosphérique permet la remontée rapide de ces fluides au site de Capelinhos, préservant ses caractéristiques chimiques primaires et ne subissant qu'un faible refroidissement conductif;
- *a contrario*, la composition chimique des sites historiques de Lucky Strike, en particulier en Fe et Mn dissout, est affectée lors de la remontée vers le plancher océanique avec une perte significative d'environ 65% du Fer dissout due à un refroidissement conductif;

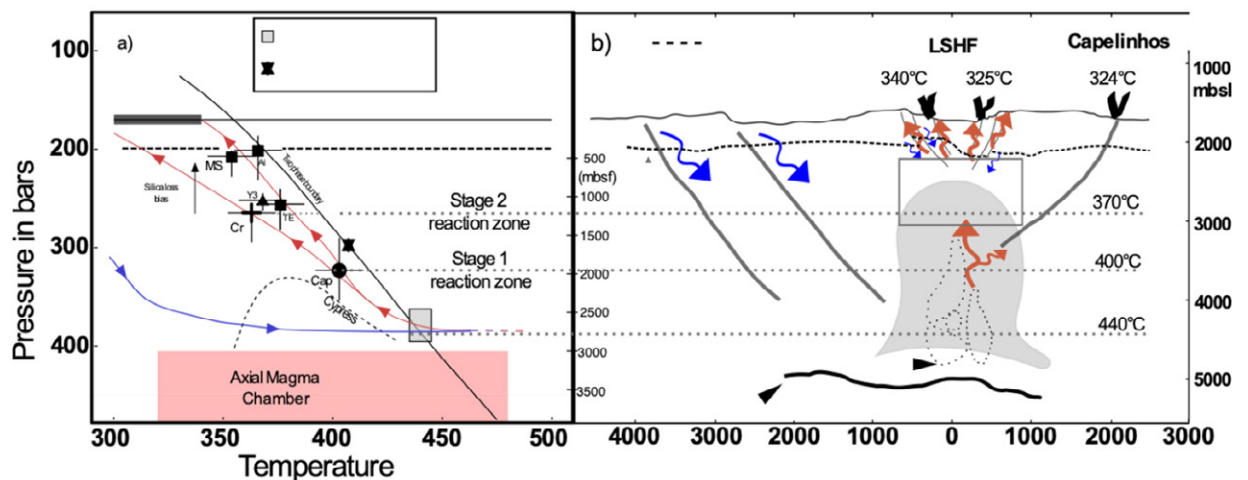


FIGURE 5. Cartoon synthétique du modèle de circulation hydrothermale depuis le toit de la chambre magmatique jusqu'à la décharge des émanations de fluides du plancher océanique (Chavagnac et al., 2018a).

- le réseau de fracturation jumelé à des gradients de perméabilité de croûte océanique à la transition de la couche 2A joue un rôle prépondérant sur le chemin de circulation hydrothermale et la composition chimique des fluides hydrothermaux émis.

Depuis 2017, un échantillonnage mensuel des fluides hydrothermaux de haute température par l'instrument DEAFS (Chavagnac et al., 2018b, sans présence humaine) permettra de contraindre la variabilité temporelle de la composition chimique des fluides qui ne peut pas être détectée par un échantillonnage annuel. En effet, les instruments de géophysiques *via* la mesure *in situ* de la température, la sismicité, la déformation verticale du plancher océanique indiquent une variabilité agissant à l'échelle de temps de l'heure jusqu'au mois (Barreyre et al., 2012; Crawford et al., 2013).

Cette variabilité temporelle et spatiale de la composition des fluides hydrothermaux impacte non seulement la porosité et la perméabilité de la croûte océanique via les processus de précipitation/dissolution des minéraux, mais aussi la quantité d'éléments nutritifs (e.g. Fe, Cu,...) disponibles aux développements des micro-organismes chimiolithotrophiques et la composition chimique de l'eau de mer profonde (Chavagnac et al., 2018c; Rommevaux et al., 2019 in press). Ces résultats ont des implications significatives pour toutes les études paléocéanographiques.

En effet, il était reconnu jusqu'à récemment que le flux de fluide hydrothermal de haute température ne représentait pas une source d'éléments chimiques à l'océan ouvert. Nos derniers résultats mettent en lumière l'effet inverse et ce sur plusieurs études brièvement mentionnées ci-dessous :

- Les travaux de Cotte et al. (2015) et Waeles et al. (2017) démontrent que plus ~90% du fer hydrothermal émis aux black smokers est préservé sous forme dissoute, impactant et augmentant la concentration en fer dissout de l'eau de mer sur plusieurs centaines de kilomètres du site d'émission hydrothermal.
- Les travaux de Rommevaux et al. (2019 in press) suggèrent un lien entre la variabilité de la diversité des organismes microbiens Archaea et celle de la composition du flux hydrothermal, s'exprimant conjointement par une augmentation des organismes thermophiles et de fortes concentrations en CO₂ du fluide hydrothermal.
- Les travaux de Chavagnac et al. (2018c) démontrent que le fluide hydrothermal est une source de terres rares à l'eau de mer profonde qui voit sa composition

chimique et sa composition isotopique en Nd affectée par les processus de précipitation/dissolution de minéraux sulfatés.

- Les travaux de Husson et al. (2018) proposent que l'espèce principale de moule *Bathymodiolus azoricus* et les symbiotes associés thiotrophiques et méthanotrophes sont capables de tamponner les variabilités temporelles de l'apport nutritif des fluides hydrothermaux.

L'ensemble d'EMSO – Açores représente un corpus de données exceptionnelles, qui prend toute sa valeur du fait de la durée du suivi de la dynamique hydrothermale de ce site sur le long terme. De nombreuses avancées ont ainsi été obtenues pour comprendre la structuration de la lithosphère océanique, la déformation, le chemin de la circulation hydrothermale, la composition des émanations de fluide, la diversité de l'écologie, représentant les interactions entre la géosphère, la biosphère et l'hydrosphère mais, des zones d'ombres persistent quant à la périodicité des processus identifiés, la modélisation biogéochimiques du panache hydrothermal, la connectivité activité sismique et composition chimique du flux de fluide, la durée de vie d'un système hydrothermal.... Toutes nos études scientifiques sont d'autant plus importantes de nos jours aux vues de l'intérêt des compagnies minières pour l'exploitation des ressources minérales profondes sans aucune évaluation des mesures nécessaires à la protection du milieu environnemental de l'océan.

RÉFÉRENCES

- Barreyre, T., Escartín, J., Garcia, R., Cannat, M., Mittelstaedt, E., & Prados, R., 2012. Structure, temporal Evolution, and heat flux estimates from the Lucky Strike deep-sea hydrothermal field derived from seafloor image mosaics: Hydrothermal outflow and image mosaics. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13, DOI: <http://doi.org/10.1029/2011GC003990>. *G-Cubed*, DOI: <http://doi.org/10.1002/2017GC007152>.
- Barreyre T., Escartin J., Sohn R.A., Cannat M., Ballu V., Crawford W.C., 2014. Temporal variability and tidal modulation of hydrothermal exit-fluid temperatures at the Lucky Strike deep-sea vent field Mid-Atlantic Ridge. *Journal Of Geophysical Research*, DOI: <http://doi.org/10.1002/2013JB010478>.
- Barreyre T., Olive J.-A., Crone T.J., Sohn R.A., 2018. Depth-dependent permeability and heat output at basalt-hosted hydrothermal systems across Mid-Ocean spreading ridges.

Chavagnac V., Leleu T., Fontaine F., Cannat M., Ceuleneer G., Castillo A., 2018a. Spatial variations in vent chemistry at the Lucky Strike hydrothermal field, Mid Atlantic Ridge (37°N): updates for subsea-floor flow geometry from the newly discovered Capelinhos vent. *G-Cubed*, <http://doi.org/10.1029/2018GC007765>.

Chavagnac V., Saleban Ali H., Jeandel C., Leleu T., Destrigneville C., Castillo A., Cotte L., Waeles M., Cathalot C., Haes-Huon A., Nonnotte P., Sarradin P.-M., Cannat M., 2018b. Sulfate minerals control dissolved rare earth element flux and Nd isotope signature of buoyant hydrothermal plume (EMSO-Azores, 37°N Mid-Atlantic Ridge). *Chemical Geology*, <http://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.09.021>.

Chavagnac V., Castillo A., Gisquet P., Merian G., 2018c. Dispositif sous-marin de prélèvement d'échantillons. Brevet enregistré Ref: HICH-2541-10.

Colaço, A., Blandin, J., Cannat, M., Carval, T., Chavagnac, V., Connelly, D. P., et al., 2011. MoMAR-D: a technological challenge to monitor the dynamics of the Lucky Strike vent ecosystem. *ICES Journal of Marine Science*, 68, 416–424. DOI: <http://doi.org/10.1093/icesjms/fsq075>.

Cotte, L., M. Waeles, B. Pernet-Coudrier, P.-M. Sarradin, C. Cathalot, R. D. Riso, 2015. comparison of in situ vs. ex situ filtration methods on the assessment of dissolved and particulate metals at hydrothermal vents, *Deep Sea Res., Part I*, 105, 186–194.

Crawford, W. C., Rai, A., Singh, S. C., Cannat, M., Escartin, J., Wang, H., et al., 2013. Hydrothermal seismicity beneath the summit of Lucky Strike volcano, Mid-Atlantic Ridge. *Earth and Planetary Science Letters*, 373, 118–128. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.04.028>.

Escartin, J., Barreyre, T., Cannat, M., Garcia, R., Gracias, N., Deschamps, A., et al., 2015. Hydrothermal activity along the slow-spreading Lucky Strike ridge segment (Mid-Atlantic Ridge): Distribution, heatflux, and geological controls. *Earth and Planetary Science Letters*, 431, 173–185, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.09.025>.

Fontaine F.J., Cannat M., Escartin J., Crawford W.C., 2014. Along-axis hydrothermal flow at the axis of slow spreading Mid-Ocean ridges : Insights from numerical models of the Lucky Strike vent field (MAR). *G-Cubed*, DOI: <http://doi.org/10.1002/2014GC005372>.

Husson B., Sarrazin J., van Oevelen D., Sarradin P.-M., Soetaert K., Menesguen A., 2018. Modelling the interactions of the hydrothermal mussel *Bathymodiolus azoricus* with vent fluid. *Ecological Modelling*, 377:35-50, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.03.007>.

Leleu, T., 2017. Variabilité spatio-temporelle de la composition des fluides hydrothermaux (Observatoire Fond de Mer EMSO-Açores, Lucky Strike): Traçage de la circulation hydrothermale et quantification des flux chimiques associés (Ph.D. Thesis). University of Toulouse III (286pp).

Rommevaux Céline, Henri Pauline, Degboe Jefferson, Chavagnac Valérie, Lesongeur Françoise, Godfroy Anne, Boulart Cédric, Destrigneville Christine, Castillo Alain, 2019. Prokaryote Communities at Active Chimney and In-Situ Colonization devices Modified after Magmatic Degassing Event (37°N MAR, EMSO-Azores Deep-Sea observatory). *Submitted to G-Cubed (November 2018)*.

Waeles M., Cotte L., Pernet-Coudrier B., Chavagnac V., Cathalot C., Leleu T., Laes-Huon A., Perhirin A., Riso R.D., Sarradin P.-M., 2017. On the early fate of hydrothermal iron at deep-sea vents: a reassessment after in-situ filtration. *Geophysical Research Letters*, 44, DOI: <http://doi.org/10.1002/2017GL073315>.

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE

Au sein du programme EMSO-Açores, Mathilde Cannat est la cheffe de projet et Pierre-Marie Sarradin est le coordinateur scientifique. Les différents partenaires français travaillent en étroite collaboration avec l'Université des Açores (DOP) afin d'assurer les missions opérationnelles et récurrentes de l'observatoire fond de mer depuis son installation en 2010. Le consortium impliqué assure la maintenance de l'infrastructure de monitoring *in-situ*, dont les données pluridisciplinaires stimulent de nouveaux développements technologiques.

LES PARTENAIRES IMPLIQUÉS

CNRS - IGP: M. Cannat, W. Crawford, R. Daniel, F. Fontaine
Ifremer: P.-M. Sarradin, J. Sarrazin, J. Legrand, M. Matabos, A. Godfroy, C. Cathalot
CNRS - GET: V. Chavagnac, C. Destrigneville, A. Castillo
CNRS - MIO: C. Rommevaux
CNRS - LIENS: V. Ballu
CNRS - LOPS: G. Rouillet
Portugal - IMAR DOP: A. Colaço

LES CAMPAGNES D'ÉVALUATION DES STOCKS DE COQUILLES SAINT-JACQUES *PECTEN MAXIMUS* : DE L'EXPERTISE HALIEUTIQUE À LA RECHERCHE

AUTEURS

I Auteurs : Eric Foucher¹⁴ et Spyros Fifas¹⁵

SÉRIES DES CAMPAGNES COSB ET COMOR

Baie de Saint-Brieuc et Baie de Seine
À bord du *Thalia*



Évaluation du stock de coquilles
Saint Jacques pendant la campagne COMOR
sur le *Thalia* © Ifremer. Stéphane Lesbats

OBJECTIFS

Ces deux campagnes évaluent les stocks de coquilles Saint-Jacques et constituent ainsi les deux plus longues séries chronologiques de données halieutiques de campagne en mer.

INTRODUCTION

La coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) est la première espèce débarquée dans la zone 7 du CIEM, tant en tonnage qu'en valeur, par les flottilles britannique, irlandaise et française. Malgré cette importance, cette espèce n'est pas réglementée par l'Union Européenne dans le cadre de la Politique Commune des Pêches, en termes de quotas (TAC) ou de mesures de gestion, à l'exception d'une taille minimale de capture imposée (11 cm en Manche Est et 10 cm en Manche Ouest).

¹⁴. RBE/Unité Halieutique Manche Mer du Nord, Ifremer Centre Manche – Mer-du-Nord, Port-en-Bessin.

¹⁵. RBE/Unité Sciences et Technologies Halieutiques, Ifremer Centre de Bretagne, Brest.

En France, plus de 95 % des captures de coquilles Saint-Jacques proviennent de la Manche, dont les $\frac{3}{4}$ pour les gisements les plus productifs de la baie de Saint-Brieuc et de la baie de Seine. De Brest à Dunkerque, plus de 600 navires artisanaux et 2000 marins sont concernés cette pêche, qui génère chaque année un chiffre d'affaires de l'ordre de 50 millions d'euros.

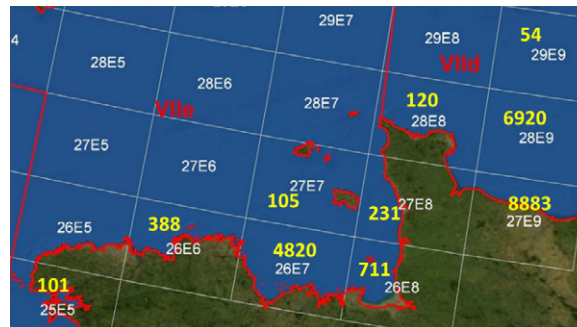


FIGURE 1. Répartition des volumes des captures déclarées de *Pecten maximus* par rectangle statistique CIEM pour la saison de pêche 2017-2018 (Source : données SIH/SACROIS).

En France, depuis plusieurs décennies, la profession a souhaité que cette pêcherie soit encadrée au niveau national afin de pouvoir assurer une exploitation durable et respectueuse de la ressource. Cette réglementation nationale se traduit par l'obligation de détenir une licence de pêche spécifique à la coquille Saint-Jacques, imposant un contingent de navires autorisés à pratiquer cette activité par sous-zone CIEM, une période de fermeture de la pêcherie entre le 15 mai et le 30 septembre inclus, l'obligation de devoir employer des dragues à bivalves dont le diamètre des anneaux de drague doit être d'au moins 92 mm et l'obligation d'emport du VMS indépendamment de la taille du navire. Pour certains gisements, la gestion interrégionale, régionale ou départementale se montre encore plus stricte et impose de plus des réglementations plus contraignantes : TAC annuel global en baie de Saint-Brieuc, taille minimale de capture supérieure à la taille européenne (10,2cm en baie de Saint-Brieuc, 10,5 en rade de Brest), nombre de jours hebdomadaire voire un nombre d'heures durant lesquels la pêche est autorisée, quota hebdomadaire par navire, taille maximale de navire, limitation du nombre de dragues embarquées ou encore diamètre des anneaux de drague supérieur aux dispositions nationales (97 mm).

COSB ET COMOR

Depuis de nombreuses années, l'Ifremer assure le suivi de cette ressource, tant dans le cadre des missions institutionnelles qui lui sont confiées, que dans le cadre de projets d'intérêt national cofinancés par le FEAMP et France Filière Pêche. Afin d'établir un diagnostic annuel sur l'état du stock de coquilles Saint-Jacques des baies de Saint-Brieuc et de Seine, une évaluation directe de la ressource a été privilégiée par rapport aux méthodes d'évaluation indirectes, ces dernières n'étant que difficilement, et très imparfaitement, applicables à une ressource à très faible nombre de cohortes exploitées. Les données ainsi recueillies lors des campagnes annuelles d'évaluation directe (campagne COSB à Saint-Brieuc et campagne COMOR en baie de Seine) sont à la base de l'expertise de l'Ifremer. Les résultats obtenus permettent à la profession et à l'Administration des pêches d'avoir une image exhaustive de l'état de la ressource avant le démarrage de la campagne de pêche, et d'organiser la saison en conséquence.

Le mode de gestion à court et moyen termes retenu depuis des années exige une campagne annuelle du *Thalia*, qui est demandée et attendue par les divers partenaires d'Ifremer, qui agit ainsi au titre du Service Public tout en disposant en retour d'un atelier pédagogique de premier plan en matière de transfert des connaissances et des modalités de gestion. Par ailleurs, l'ensemble des campagnes halieutiques menées par l'Ifremer, dont les campagnes « coquilles », sont intégrées dans le Système d'Informations Halieutiques, dont la vocation est de recueillir les données d'observation et de surveillance de la filière halieutique. Démarrée en 1965, COSB est la doyenne des campagnes halieutiques de l'Ifremer. COMOR ayant débuté en baie de Seine dès 1976, les deux campagnes d'évaluation de stocks de coquilles Saint-Jacques constituent ainsi les deux plus longues séries chronologiques de données halieutiques de campagne en mer.

L'objectif principal des deux campagnes vise à proposer des estimations de la biomasse exploitable, d'un indice quantitatif du recrutement (prochaine génération à entrer dans les captures) et du pré-recrutement (dernière génération née, non encore accessible aux engins de pêche), des paramètres de croissance et de la distribution sur le fond. Les données issues de ces campagnes servent ainsi de support direct aux décisions des commissions « coquilles » des Comités Régionaux des Pêches et des Elevages Marins de Normandie et de Bretagne, avant l'ouverture de la saison de pêche, et aux mesures de gestion adoptées par l'Administration des Pêches.

Par ailleurs, les deux campagnes de prospection des stocks de coquilles Saint-Jacques de la Manche sont utilisées comme moyens d'acquisition de données certifiées en mer et permettent d'alimenter des séries chronologiques, dont les données ont pu être (et sont encore) directement valorisées à travers des projets de recherche, comme le projet ANR-COMANCHE (2011-2015).



Les campagnes d'évaluation des stocks de coquilles Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc (COSB) et de la baie de Seine (COMOR) (Photographies : le navire *Thalia* en bas à gauche, drague bretonne à volet utilisée comme engin de prélèvement en bas, coquilles Saint-Jacques capturées lors d'un trait de drague, triées par classe d'âge à droite).

MÉTHODOLOGIE ET STRATÉGIES D'ACQUISITION DE LA DONNÉE À BORD

Les campagnes d'évaluation directe des stocks de coquilles Saint-Jacques bénéficient de protocoles d'échantillonnage standardisés depuis plusieurs années. Dans les deux cas, les mêmes principes fondamentaux sont respectés lors de l'application des plans d'échantillonnage : utilisation de dragues bretonnes à volet de 2 mètres de largeur équipées d'anneaux métalliques de 50mm de diamètre (plus une deuxième drague de 72mm pour COMOR), stratification spatiale des zones à prospecter, standardisation des unités d'échantillonnage, structuration des populations en âge et en taille. Le plan d'échantillonnage suit un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié. Le nombre de traits réalisés est de 156 pour 5 zones différentes en baie de Seine, 115 pour 6 zones en baie de Saint-Brieuc. La campagne COMOR a lieu chaque année en juillet en baie de Seine et COSB en août-début septembre, en baie de Saint-Brieuc. Toutes les coquilles capturées sont triées par âge, puis mesurées individuellement, ainsi que les autres espèces commerciales capturées (poissons, céphalopodes et crustacés).

Le macro-benthos est également identifié et comptabilisé. L'ensemble des données recueillies est bancarisé au sien de la base Harmonie du Système d'Information Halieutique (SIH) de l'Ifremer.

QUELQUES RÉSULTATS

DIAGNOSTIC ANNUEL SUR L'ÉTAT DU STOCK

À l'issue de chaque campagne, les indices d'abondance par classe d'âge et leur répartition sur le fond sont estimés. En 2018, l'état des deux stocks de la baie de Seine (figure 2) et de la baie de Saint-Brieuc (figure 2) était estimé en bon état. Pour les deux gisements, la biomasse adulte se situe à un niveau jamais atteint au cours de la série historique.

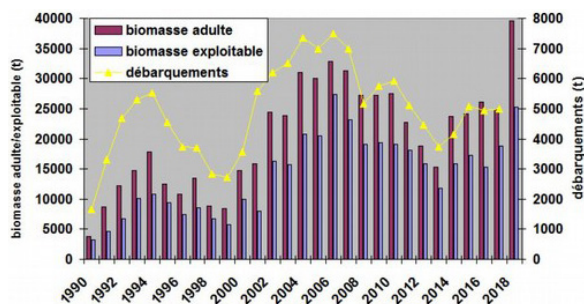


FIGURE 2. Évolution de 1990 à 2018 de la biomasse adulte, de la biomasse exploitable et des débarquements officiels en baie de Saint-Brieuc.

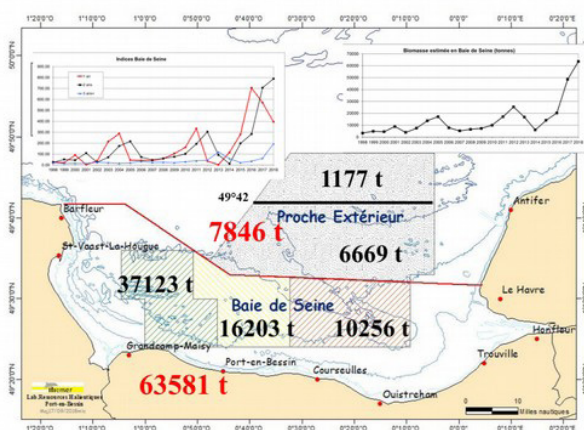


FIGURE 3. Répartition par zone de la biomasse exploitable en baie de Seine, et évolution de 1998 à 2018 des indices d'abondance par classe d'âge et de la biomasse exploitable.

DISTRIBUTION DES POPULATIONS DE COUILLES SAINT-JACQUES

Les données recueillies lors des 2 campagnes de prospection depuis plus de 20 ans ont permis d'établir, par des techniques de krigeage, une carte de la distribution moyenne des populations de coquilles pour les 2 gisements (figure 4).

En baie de Saint-Brieuc, 3 zones de concentrations sont identifiées, l'une à l'Ouest au large de la Pointe de Plouézec, l'autre à l'Est au large du Cap d'Erquy et une centrale dans la zone du Grand Léjon. En baie de Seine, le cœur du gisement se situe dans la partie Ouest de la baie de Seine relativement près des côtes, au nord-ouest de Port-en-Bessin.

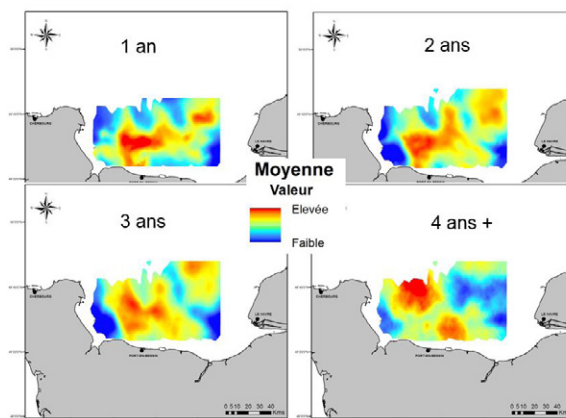
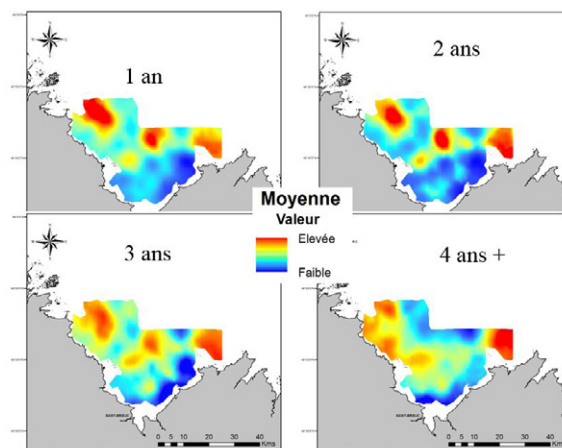


FIGURE 4. Distribution moyenne des coquilles Saint-Jacques en baies de Saint-Brieuc (haut) et de Seine (bas).

DISPERSION LARVAIRE ET CONNECTIVITÉ ENTRE GISEMENTS

A l'aide d'un modèle numérique biophysique, couplant un modèle de circulation physique des masses d'eau de type Mars3D et un modèle de dynamique des populations, 3 unités fonctionnelles ont pu être mises en évidence en Manche (golfe normand-breton, Manche Est et Sud de la Cornouaille en Manche Ouest), plus une quatrième unité isolée en Rade en Brest. Pour cela, les données issues des deux campagnes de prospection ont été utilisées afin d'estimer la taille des stocks de géniteurs en baie de Saint-Brieuc et en baie de Seine, et leur proportion relative par rapport à la population totale de coquilles Saint-Jacques présente en Manche (figure 5).

LE CHEF DE MISSION ET SON ÉQUIPE

Pour les 2 campagnes COSB et COMOR, 5 scientifiques sont embarqués pour chaque période de 5 jours : les chefs de mission ou de projet, respectivement Spyros Fifas (Ifremer RBE/STH Brest) et Eric Foucher (Ifremer RBE/HMMN/RH Port-en-Bessin), s'occupent de la définition du protocole scientifique, du plan d'échantillonnage et de l'organisation de la campagne en relation avec le commandant du *Thalia*, l'ensemble de l'équipe scientifique participe au recueil des échantillons, tri des captures, biométrie, prélèvement d'eau et phytoplancton, ainsi que de la saisie en temps réel de l'ensemble des données collectées à bord. Le traitement des données et la production des premiers indicateurs halieutiques sur l'état des stocks évalués sont réalisés dès la fin de campagne, pour diffusion auprès de l'Administration des pêches et des organisations professionnels dans les meilleurs délais.

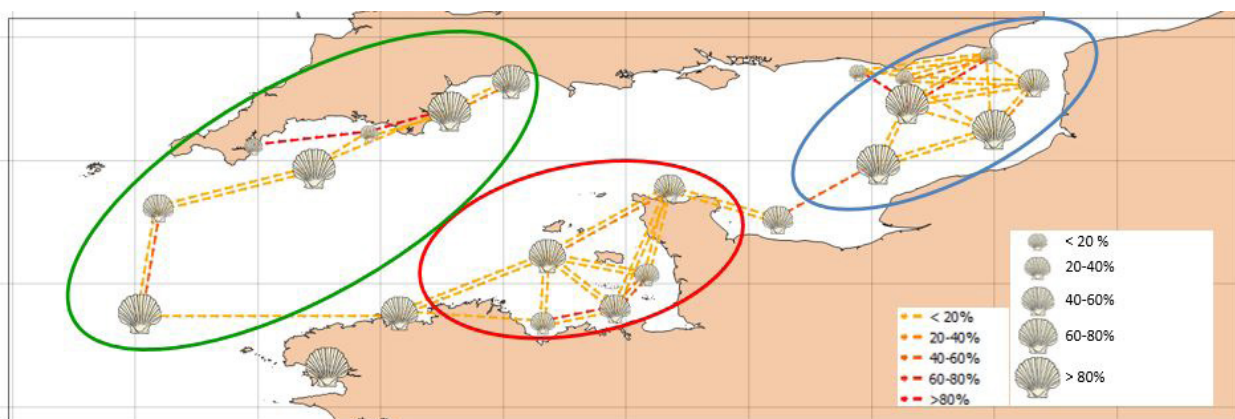


FIGURE 5. Carte de connectivité moyenne entre différents gisements de coquilles Saint-Jacques en Manche, permettant de définir 3 unités potentielles de gestion.

ANNEXES

LES MEMBRES DES COMITÉS

AU 1^{ER} JANVIER 2019

LES MEMBRES DU COMITÉ DIRECTEUR

MESRI: **Jean-Marie Flaud**

Ifremer: **François Houllier**

IRD: **Frédéric Ménard**

CNRS-INSU: **Nicolas Arnaud**

Universités marines: **Yves-Marie Paulet**

Présidents des commissions nationales

Flotte océanographique française:

Benoît Ildefonse, Dominique Lefèvre

Elsa Cortijo (CNRS, LSCE, Gif sur Yvette)
PALÉO-OCÉANOGRAPHIE

Emmanuelle Ducassou (MC, EPOC, Bordeaux)
GÉOSCIENCES

Anik Brind'Amour (Ifremer, Nantes)
HALIEUTIQUE

Ingrid Obernosterer (CNRS, LOMIC, Banyuls),
Présidente du comité LEFE-CYBER
BIOGÉOCHIMIE ET CHIMIE

Ronan Fablet (Telecom Bretagne, Brest)
DONNÉES, RÉCUPÉRATION, ANALYSE, TRAITEMENT

Georges Ceuleneer (CNRS, GET Toulouse)
GÉOSCIENCES

Didier Gascuel (Agrocampus Ouest, Rennes)
HALIEUTIQUE

LES MEMBRES DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Uwe Nixdorf
(directeur adjoint AWI Bremerhaven, Allemagne)
PHYSIQUE, ZONES POLAIRES

Penny Holliday (NOC Southampton, UK)
PHYSIQUE

Joaquín Tintoré (SOCIB, Espagne)
OBSERVATION CÔTIÈRE

David Lane (HWU, Edinburgh)
ENGINS CONNECTÉS

Catherine Jeandel (CNRS, LEGOS Toulouse)
BIOGÉOCHIMIE ET CHIMIE MARINE

LES MEMBRES DE LA COMMISSION NATIONALE DE LA FLOTTE HAUTURIÈRE (CNFH)

Benoît Ildefonse, président (CNRS Montpellier)
GÉOSCIENCES, PÉTROLOGIE, PÉTROPHYSIQUE,
TECTONIQUE

Anne Godfroy, vice-présidente (Ifremer Brest)
ÉCOLOGIE, MICROBIOLOGIE

Jérôme Aucan, vice-président (Ird Nouméa),
PHYSIQUE, BIOGÉOCHIMIE

Nadine Rossignol, secrétaire (Ifremer Brest)

Véréna Trenkel (Ifremer Nantes)
BIOLOGIE SYSTÉMATIQUE

Daniela Zeppili (Ifremer Brest)
BIOLOGIE, ECOLOGIE BENTHIQUE

Stéphane Hourdez (CNRS Banyuls)
BIOLOGIE PHYSIOLOGIE

Bernard Queguiner (Université Marseille)
BIOGÉOCHIMIE MICROBIOLOGIE MARINE ECOLOGIE
PÉLAGIQUE

Jean-François Ternon (IRD Sète)
BIOGÉOCHIMIE ET RÉSEAUX TROPHIQUES

Mireille Laigle (CNRS Géoazur, Nice)
GÉOPHYSIQUE

Maryline Moulin (Ifremer Brest)
GÉODYNAMIQUE, GÉOPHYSIQUE, TECTONIQUE

Javier Escartin (IPGP Paris)
GÉOPHYSIQUE, GÉOLOGIE

Valérie Ballu (CNRS La Rochelle)
GÉODYNAMIQUE

Sébastien Zaragosi (Université Bordeaux)
SÉDIMENTOLOGIE, PALÉO CLIMATOLOGIE

Vincent Riboulot (Ifremer Brest)
SÉDIMENTOLOGIE

Valérie Chavagnac (CNRS Toulouse)
PÉTRO-GÉOCHIMIE

Aline Govin (CNRS Gif-sur-Yvette)
PALÉO-ENVIRONNEMENT

Cécile Guieu (CNRS Villeranche-sur-mer)
BIOGÉOCHIMIE

Eric Machu (IRD Brest)
BIOGÉOCHIMIE

Xavier Durrieu de Madron (CNRS Perpignan)
PHYSIQUE

Andrea Doglioli (Université Marseille)
PHYSIQUE

Christophe Maes (IRD Brest)
PHYSIQUE

Guillaume Saint-Onge (ISMER Québec)
GÉOSCIENCES

Malika Oudía, secrétaire (CNRS Toulon)

François Charles (CNRS Banyuls)
BIOLOGIE BENTHOS

Cécile Fauvelot (IRD Perpignan)
BIOLOGIE BENTHOS CORAUX

Urania Cristaki (Uclo Wimereux)
BIOLOGIE PELAGOS OBSERVATION MICROBIOLOGIE

Dominique Davoult (Sorbone)
BIOLOGIE PELAGOS ENSEIGNEMENT

Yolanda Del Amo (Université Arcachon)
BIOLOGIE PELAGOS OBSERVATION

Aourel Mauffret (Ifremer Nantes)
CHIMIE BIOGÉOCHIMIE

Aldo Sottolichio (Université Bordeaux)
CHIMIE BIOGÉOCHIMIE

Pascal Bailly du Bois (Irsn Cherbourg)
CHIMIE BIOGÉOCHIMIE

Martine Rodier (Ird Marseille)
CHIMIE BIOGÉOCHIMIE

Florent Grasso (Ifremer Brest)
GÉOSCIENCES

Hervé Gillet (Université Bordeaux)
GÉOSCIENCES

Nicolas Robin (CNRS Perpignan)
GÉOSCIENCES

Cristèle Chevalier (IRD Marseille)
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

Pierre Garreau (Ifremer Brest)
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

Anne Lebourges-Dhaussy (IRD Brest)
RESSOURCES HALIEUTIQUES

Angélique Jadaud (Ifremer Sète)
RESSOURCES HALIEUTIQUES

Vincenzo Velluci (CNRS Villefranche-sur-Mer)
TECHNOLOGIE

Loïc Dussud (Ifremer Brest)
TECHNOLOGIE

LES MEMBRES DE LA COMMISSION NATIONALE DE LA FLOTTE CÔTIÈRE (CNFC)

Dominique Lefevre, président (CNRS Marseille)
OCÉANOGRAPHIE GÉNÉRALE

Laure Simplet, vice-présidente (Ifremer Brest)
GÉOSCIENCES

François Le Loch, vice-président (Ird Brest)
HALIEUTIQUE - RÉSEAUX TROPHIQUES

LES MEMBRES DES COMITÉS LOCAUX D'ÉVALUATION (CLE)

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION BORDEAUX

Jörg Schäfer, Président, Université de Bordeaux

Xavier de Montaudouin, Université de Bordeaux

Bruno Deflandre, Université de Bordeaux

Yolanda Del Amo, Université de Bordeaux

Hervé Gillet, Université de Bordeaux

Valérie Chavagnac, CNRS/INSU Toulouse

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION WIMEREUX

François Schmitt, Président, ULCO Wimereux

Urania Christaki, ULCO Wimereux

Felipe Artigas, ULCO Wimereux

Alain Lefebvre, Ifremer Boulogne

Hubert Loisel, ULCO Wimereux

Alain Trentesaux, Université Lille

Vincent Bouchet, Université Lille

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION ROSCOFF

Eric Thiébaud, Président, UPMC Roscoff

Anne-Claire Baudoux, CNRS Roscoff

Dominique Davoult, Sorbonne Université Roscoff

Cédric Boulard, CNRS Roscoff

Cécile Cabresin, Sorbonne Université Roscoff

Jacques Grall, UBO Brest

Laurent Lévêque, CRNS/INEE Roscoff

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION BREST

Frédéric Jean, UBO Brest

Anne Lebourges-Dhaussy, IRD Brest

Gérard Thouzeau, CNRS/INSU Brest

Erwan Amice, CNRS/INSU Brest

Véronique Cuq, CNRS/INEE Brest

Philippe Le Nilliot, AAMP Brest

Eric Thiébaud, UPMC Roscoff

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION BANYULS

Mireille Pujo-Pay, Présidente, CNRS/INSU

François Le Loch, IRD Brest

Michaël Fuentes, CNRS Banyuls

Pascal Romans, Sorbonne Université Banyuls

Céline Labrune, CNRS Banyuls

Eric Martinez, CNRS Banyuls

François Charles, CNRS Banyuls

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION MARSEILLE

Christian Grenz, Président, CNRS/INSU Marseille

Laetitia Licari, Université Marseille

Pierre Chevaldonne, CNRS Marseille

Nagib Bhairy, CNRS Marseille

Jean-Luc Fuda, CNRS Marseille

Sabine Charmasson, IRSN Cadarache

COMITÉ LOCAL D'ÉVALUATION VILLEFRANCHE-SUR-MER

Jean-Olivier Irisson, Président, SU Villefranche-sur-Mer

Emilie Diamond Riquier, CNRS/INSU Villefranche-sur-Mer

Stéphane Gasparini, SU Villefranche-sur-Mer

Frédéric Gazeau, CNRS/INSU Villefranche-sur-Mer

March Picheral, CNRS/INSU Villefranche-sur-Mer

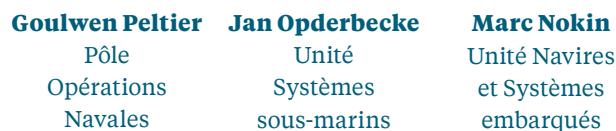
Delphine Thibault Botha, MOI Marseille

ORGANIGRAMME DE LA DFO AU 1^{ER} JANVIER 2018

Olivier Lefort
Directeur

Pascal Morin
Directeur adjoint

Nadine Rossignol
Assistante



LES CAMPAGNES 2018 EN BREF (HORS TRANSIT)

MARION DUFRESNE

MD 211/ OBSAUSTRAL

ROYER JEAN-YVES | CNRS

Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
Océan Indien

Observatoire hydroacoustique de la sismicité,
de la biodiversité et du bruit ambiant océanique
dans l'océan Indien austral.

<https://doi.org/10.17600/18000490>

MOBYDICK-THEMISTO

OBERNOSTERER INGRID | CNRS

Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
Océan Antarctique (secteur Kerguelen)

Biodiversité des écosystèmes marins
et dynamiques du carbone.

<https://doi.org/10.17600/18000403>

MD 214/ EAGER

BABONNEAU NATHALIE | UBO

Recherche scientifique hauturière,
océanographie physique, géosciences marines

Mer de Chine méridionale (Nan Hai),
Pacifique NW (Limite 180), Taiwan

Étude et datation des sédiments marins profonds.

<https://doi.org/10.17600/18000520>

HYDROSED

COLIN CHRISTOPHE | UNIVERSITÉ PARIS SUD

Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
Mer de Chine méridionale (Nan Hai),

nord de la Mer de Chine du Sud

Étude des variations de l'hydrologie
des eaux profonde.

<https://doi.org/10.17600/18000521>

MD 216 / MOUILLAGE OHA-SIS-BIO

ROYER JEAN-YVES | CNRS

Recherche scientifique hauturière, géosciences
marines, biologie marine, technologie

Océan Indien

Observation hydroacoustique de la sismicité
de faible magnitude.

<https://doi.org/10.17600/18000653>

ESS_DEC

PEEL THOMAS | GENAVIR

Mission d'essais technique, technologie
Océan Indien

Calibration ADCP et autres
équipements scientifiques.

<https://doi.org/10.17600/18000819>

VT 157 / OISO-28

METZL NICOLAS, LO MONACO CLAIRE | UPMC

Recherche scientifique hauturière, chimie océanique
Océans Indien et Antarctique

Évolution du CO₂ océanique.

<https://doi.org/10.17600/18000005>

VT 158 / OHA-SIS-BIO-10

ROYER JEAN-YVES | CNRS

Recherche scientifique hauturière, géosciences
marines, biologie marine

Océans Indien et Antarctique

Redéploiement d'un observatoire hydroacoustique.

<https://doi.org/10.17600/18000380>

VT 159 / REPCCOAI

KOUBBI P. | MNHM / UPMC

Recherche scientifique hauturière, biologie marine
Océans Indien et Antarctique

Diversité pélagique.

<https://doi.org/10.17600/18000383>

VT 160 / FOAM

CALZAS M. | CNRS/INSU

Recherche scientifique hauturière, géosciences
marines, océanographie physique, technologie

Océan Indien, Sud de l'Océan Indien

jusqu'à la zone subAntarctique

Développement de bouées GNSS « fixes ».

<https://doi.org/10.17600/18000491>

VT 161 / HADOC

SAMARAN FLORE, ROYER J.-Y. | UBO

Recherche scientifique hauturière, biologie marine
Océans Indien et Antarctique

Déprédation de la légine australe.

<https://doi.org/10.17600/18000382>

POURQUOI PAS ?**EMSO LIGURE OUEST 2018**

LEFEVRE DOMINIQUE | CNRS

Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
Méditerranée, bassin occidental

Mise en place d'observatoire fond de mer.

<https://doi.org/10.17600/18000002>**AMIGO 2018**ARNAUD-HAOND SOPHIE, BONHOMME FRANÇOIS |
IFREMERRecherche scientifique hauturière, multidisciplines
Océan Atlantique nord

Biodiversité présente dans les abysses.

<https://doi.org/10.17600/18000439>**BICOSE2**

CAMBON-BONIVATA MARIE-ANNE | IFREMER

Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
Océan Atlantique nord

Biosphère marine.

<https://doi.org/10.17600/18000004>**ESS_DEC 2018**

TRELUYER LOIC | GENAVIR

Mission d'essais techniques, océanographie
physique, technologie

Essais des équipements scientifiques.

Atlantique NE

<https://doi.org/10.17600/18000484>**SHOMAN**

SOBORG GABIN | SHOM PARTENARIAT MARINE

Campagne d'hydrographie pour le SHOM.

SPM- avec VH

SOBORG GABIN | SHOM

Partenariat Marine

Campagne d'hydrographie pour le SHOM.

ESS_SMT

PACAULT ANNE | NSE/NE, IFREMER

Mission d'essais techniques

Golfe de Gascogne, Manche

Équipements sismiques.

<https://doi.org/10.17600/18000734>**ILAB-SPARC**

SINGH SATISH | IPGP

Recherche scientifique hauturière, géosciences
marines

Océan Atlantique nord, zone équatoriale

Tectonique des plaques (lithosphère et asthénosphère).

<https://doi.org/10.17600/18000528>**SEFASIL**

DESSA JEAN-XAVIER | UPMC

Recherche scientifique hauturière, océanographie
physique, géosciences marines

Mer Ligurienne, marge nord ligure

et bassin ligure au large du Cap Ferrat

Structure crustale de la marge Nord Ligure.

<https://doi.org/10.17600/18000576>**L'ATALANTE****ESS-DEC-ATA-18/ ESS-GRAV-ATA-18**

ABEL-MICHAUX KARINE | GENAVIR

Mission d'essais techniques, technologie

Méditerranée, bassin occidental

Essais techniques acoustiques.

<https://doi.org/10.17600/18000477>**ESSROV18**

SIMEONI PATRICK | IFREMER

Mission d'essais techniques, océanographie
physique, technologie

Méditerranée, bassin occidental

Essais techniques de *Victor 6000*.<https://doi.org/10.17600/18000478>**ESS-PENFELD-ATA-18**

DUSSUD LOÏC | IFREMER

Mission d'essais techniques, multidisciplines
Mer LiguriennePénétrromètre *PENFELD*.<https://doi.org/10.17600/18000479>**WESTMEDFLUX-2**

POORT JEFFREY, GORINI C. | UPMC

Recherche scientifique hauturière,
océanographie physique, géosciences marines

Méditerranée, bassin Occidental, bassin algérien

Thermicité des zones de transition océan-continent.

<https://doi.org/10.17600/18000402>**ESS_SISM**

PACAULT ANNE | IFREMER

Mission d'essais techniques,

océanographie physique, technologie

Méditerranée, bassin occidental

Sismique.

<https://doi.org/10.17600/18000511>

MOOSE-GE 2018

TESTOR PIERRE, COPPOLA LAURENT
 CNRS / IRD / UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Méditerranée, bassin occidental, golfe du Lion, mer
 Ligure
 Réseau d'observation long terme de la Méditerranée.
<https://doi.org/10.17600/18000442>

HYDROMAR

PERROT JULIE | IUEM
 Recherche scientifique hauturière, géosciences
 marines, océanographie physique
 Océan Atlantique nord, sud Açores
 Processus de l'accrétion à l'axe d'une dorsale lente.
<https://doi.org/10.17600/18000512>

TRANSECT

LE BRIS NADINE | UNIVERSITÉ PARIS VI
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Océan Atlantique nord, dorsale Atlantique
 Plongées ROV *Victor*.
<https://doi.org/10.17600/18000513>

MOMARSAT2018

CANNAT MATHILDE | IPGP
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Atlantique nord-est, Lucky Strike
 Maintenance annuelle de l'observatoire EMSO
 Açores.
<https://doi.org/10.17600/18000514>

RAMOGE

Marine
 DANIEL B. | SHOM
 Partenariat Marine

PROTEVS-PERLE

DUPUY PIERRE-YVES | SHOM
 Partenariat Marine
 Campagne d'hydrographie pour le SHOM

OFEG-NIOZ

VAN HAREN HANS
 NETHERLANDS INSTITUTE FOR SEA RESEARCH
 Recherche scientifique hauturière,
 océanographie physique
 Méditerranée, bassin occidental
 Récupérer un mouillage de capteur
 de température 3D.
<https://doi.org/10.17600/18000730>

THALASSA**ESSTECH18-01-TL**

LE GALL YVES | IFREMER
 Mission d'essais techniques,
 technologie Atlantique nord-est
 Mission technique.
<https://doi.org/10.17600/18000488>

IBTS 2018

VERIN YVES | IFREMER
 Mission d'intérêt public, multidisciplines
 Mer du Nord, Manche, Sud mer du Nord
 et Manche Orientale
 Ressources halieutiques.
<https://doi.org/10.17600/18000003>

PIRATA FR28

BOURLES BERNARD | IRD
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Océan Atlantique, Golfe de Guinée
 Collecte d'observations océaniques
 et météorologiques.
<https://doi.org/10.17600/18000404>

ESSTECH18-02-TL

LE BOUFFANT NAÏG | IFREMER
 Mission d'essais techniques, technologie
 Golfe de Gascogne
 Sondeur bathymétrique grand fond.
<https://doi.org/10.17600/18000677>

PELGAS 2018

DORAY MATHIEU | IFREMER
 Mission d'intérêt public, multidisciplines
 Golfe de Gascogne
 Ecosystème pélagique.
<https://doi.org/10.17600/18000419>

PHOENIX

DORAY MATHIEU | IFREMER
 Recherche technologique hauturière,
 multidisciplines
 Golfe de Gascogne (Banc de Guérande
 et ses environs)
 Collecte de données écosystémiques.
<https://doi.org/10.17600/18000515>

OVIDE 2018

LHERMINIER PASCALE | IFREMER
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Océan Atlantique nord, bassin Ouest-Européen,
 Bassin d'Islande, Mer d'Irminger
 Observation de la variabilité de la circulation,
 des masses d'eau et du DIC en Atlantique Nord.
<https://doi.org/10.17600/18000510>

GAZCOGNE3

DUPRE STÉPHANIE, MARSSET BRUNO | IFREMER
 Recherche scientifique hauturière, géosciences marines, océanographie physique
 Golfe de Gascogne, bassin Aquitain
 Contraindre la géométrie en profondeur du système fluide microbien du plateau aquitain.
<https://doi.org/10.17600/18000652>

ESS_PROP

DUDUYER SARAH | IFREMER
 Mission d'essais techniques, technologie
 Golfe de Gascogne
 Mesures et tests de la propulsion du *Thalassa*.
<https://doi.org/10.17600/18000489>

CGFS 2018

TRAVERS-TROLET MORGANE | IFREMER
 Mission d'intérêt public, multidisciplines
 Manche
 Collecte de données scientifiques au chalut de fond.
<https://doi.org/10.17600/18000517>

EVHOE 2018

DUHAMEL ERWAN, PAWLOWSKI LIONEL,
 GARREN FRANÇOIS | IFREMER
 Mission d'intérêt public, multidisciplines
 Golfe de Gascogne, Mer Celtique
 Observatoire des ressources de pêche.
<https://doi.org/10.17600/18000518>

ALIS**SPOT-OUVEA (14)**

BIEGALA ISABELLE | IRD
 Recherche scientifique hauturière, multidisciplines
 Océan Pacifique, Nouvelle Calédonie
 Écosystème à la station SPOT.
<https://doi.org/10.17600/18000353>

UECOCOT KONE

VARILLON DAVID | IRD
 Recherche scientifique côtière, multidisciplines
 Pacifique sud-ouest, Nouvelle Calédonie
 Écosystème lagunaire.
<https://doi.org/10.17600/18000400>

SEDLAB

ETIENNE SAMUEL, COLLOT JULIEN, LE ROY PASCAL |
 ADECAL TECHNOPOLE
 Recherche scientifique hauturière, géosciences marines
 Océan Pacifique, Banc de Lansdowne,
 Nouvelle Calédonie
 Morphologie, architecture
 et processus sédimentaires.
<https://doi.org/10.17600/18000401>

UECOCOT RETRAIT

FOLCHER ERIC | IRD
 Recherche scientifique côtière,
 océanographie physique
 Mer de Corail, Nouvelle Calédonie
 Récupération de mouillages.
<https://doi.org/10.17600/18000418>

CARIOCA 3

RICCARDO RODOLFO-METALPA | IRD
 Recherche scientifique côtière, biologie marine,
 Environnement - Pacifique nord
 Coraux.
<https://doi.org/10.17600/18000522>

ESS_DEC_SMF

DERETTE DAVID | GENAVIR
 Mission d'essais techniques, technologie
 Mer de Corail
 Essais des équipements scientifiques.
<https://doi.org/10.17600/18000481>

WALLALIS

ALLAIN VALÉRIE, MENKES CHRISTOPHE
 COMMUNAUTÉ DU PACIFIQUE
 Recherche scientifique hauturière,
 océanographie physique
 Pacifique Sud-Ouest, ZEE Wallis et Futuna
 Écosystème pélagique.
<https://doi.org/10.17600/18000523>

WALLIS 2018

PETEK SYLVAIN | IUEM
 Recherche scientifique côtière, biologie marine,
 environnement
 Océan Pacifique, Ile de Wallis
 Inventaire des spongiaires, des gorgones,
 des mollusques et des micro-mollusques
 de l'île de Wallis.
<https://doi.org/10.17600/18000524>

MALIS 2018

ANDREFOUET SERGE | IRD
 Recherche scientifique côtière, océanographie
 physique, environnement
 Pacifique Sud Est, archipel des Tuamotu,
 Atoll de Raroia
 Développement d'outils de gestion des lagons.
<https://doi.org/10.17600/18000582>

SPPIM

HELLO YANN | CNRS
 Recherche scientifique côtière, géosciences marines
 Océan Pacifique, Polynésie Française
 Panaches du Pacifique sud.
<https://doi.org/10.17600/18000519>

MOANA-MATY

RODIER MARTINE | IRD

Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Océan Pacifique, archipel des Marquises
Processus physiques et biogéochimiques
à l'origine des effets d'îles.

<https://doi.org/10.17600/18000580>

TUAM 2018

DEBITUS CÉCILE | IRD

Recherche scientifique côtière,
multidisciplines Pacifique sud
Ressources naturelles et valorisation
de la biodiversité marine.

<https://doi.org/10.17600/18000581>

ANTEA**ESSDRAGUES-COSB-18**

CAROFF NICOLAS | IFREMER

Mission d'essais techniques, technologie, halieutique
Manche, baie de Saint-Brieuc
Mise en œuvre en pêche.

<https://doi.org/10.17600/18000482>

ESSDRAGUES-COMOR-18

FOUCHER ERIC | IFREMER

Mission d'essais techniques, technologie, halieutique
Manche

Évaluation des stocks de pectinidés.

<https://doi.org/10.17600/18000483>

ECOPEL18-lego1 et lego2

ARTIGAS LUIS FELIPE | CNRS

Recherche scientifique côtière
Manche, Mer du Nord

Ecosystèmes pélagiques et côtiers.

<https://doi.org/10.17600/18000443>

ESSHROV-AN-2018

RAUGEL EWEN | IFREMER

Mission d'essais techniques, technologie
Golfe de Gascogne, large d'Ouessant
et canyon de Lampaul

HROV *Ariane*.

<https://doi.org/10.17600/18000676>

GIROPAL18

THINON ISABELLE | BRGM

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Golfe de Gascogne, plateau continental
sud armoricain

Connaissance géologique des plateaux
continentaux métropolitains.

<https://doi.org/10.17600/18000525>

SELISEINE18

AKCHA FARIDA | IFREMER

Mission d'intérêt public, environnement
Manche (Estuaire de Seine)

Suivi des effets biologiques chez les poissons
et les bivalves.

<https://doi.org/10.17600/18000585>

L'EUROPE**ESSTECH18-GEN-EU**

TRELUYER LOIC | IFREMER

Mission d'essais techniques, technologie
Méditerranée, bassin occidental

Essais des équipements scientifiques.

<https://doi.org/10.17600/18000486>

ESSTECH-GEN-AUV-EU

PLACAUD XAVIER | GENAVIR

Mission d'essais techniques, technologie
Méditerranée, bassin occidental

AUV *Aster^x*.

<https://doi.org/10.17600/18000487>

EMSO-KM₃NET LIGURE 2018 (leg 1 à 5)

LAMARE PATRICK, BERTIN VINCENT | CNRS

Recherche technologique côtière,
océanographie physique, biologie marine
Mer Ligurienne

Études des propriétés fondamentales du neutrino.

<https://doi.org/10.17600/18000426>

DIVACOU2018-lego1et lego2

BRIGNONE LORENZO, BOUHIER MARIE EDITH | IFREMER

Recherche technologique côtière, technologie
Méditerranée, bassin occidental

Performances et développements technologiques
associés au nouvel AUV 6000.

<https://doi.org/10.17600/18000430>

DCE 5-1

BOUCHOUCHA MARC | IFREMER

Mission d'intérêt public, chimie océanique,
biologie marine

Méditerranée, bassin occidental,

Méditerranée française

Gestion des milieux aquatiques.

<https://doi.org/10.17600/18000433>

SOLVEIG VI

SILVA JACINTO RICARDO | IFREMER

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Méditerranée, bassin occidental, Mer Ligurienne

Occurrence de courants de turbidité dans le canyon
du Var.

<https://doi.org/10.17600/18000415>

ESSAUV18

JAUSSAUD PATRICK | IFREMER
Recherche technologique côtière, technologie Méditerranée, bassin occidental
Améliorer le potentiel des AUVs pour les campagnes scientifiques.
<https://doi.org/10.17600/18000434>

TURBIDENT 2018

PAIRAUD YVANE, FRAUNIE PHILIPPE, FUCHS ROSALIE
IFREMER
Recherche scientifique côtière, océanographie physique Méditerranée
Amélioration des modèles de fermeture turbulent.
<https://doi.org/10.17600/18000435>

REVERSE 2018

VINCENT BENOÎT | IFREMER
Mission d'intérêt public, technologie, halieutique Mer Ligurienne, Nord et Est de Bastia
Mise au point de panneaux prototypes et de leur gréement.
<https://doi.org/10.17600/18000438>

MEDITS 2018

JADAUD ANGÉLIQUE, METRAL LUISA | IFREMER
Mission d'intérêt public, multidisciplines Méditerranée, bassin occidental, Est-Corse et golfe du Lion
Évaluation des ressources démersales.
<https://doi.org/10.17600/18000553>

PELMED 2018

BOURDEIX JEAN-HERVÉ | IFREMER
Mission d'intérêt public, multidisciplines Méditerranée, bassin occidental, golfe du Lion
Biomasses de petits pélagiques.
<https://doi.org/10.17600/18000586>

CARBONSIK 2018

PERGENT GÉRARD, CLABAUT PHILIPPE
UNIVERSITÉ DE CORSE
Recherche scientifique côtière, biologie marine Mer Tyrrhénienne, Corse, Côte orientale
Inventaire des puits de carbone littoraux.
<https://doi.org/10.17600/18000587>

NOURMED 2018

VAZ SANDRINE | IFREMER
Mission d'intérêt public, multidisciplines Méditerranée, bassin occidental, golfe du Lion
Suivi des poissons et céphalopodes démersaux des milieux meubles côtiers.
<https://doi.org/10.17600/18000588>

EPIBENGOL 2018

SANDRINE VAZ | IFREMER
Recherche scientifique côtière, multidisciplines Méditerranée, bassin occidental, golfe du Lion
Programme de surveillance de la DCSMM : EPIfaune BENThique du Golfe du Lion.
<https://doi.org/10.17600/18000589>

CYLICE-ECO 2018

LE BRIS NADINE | CNRS
Recherche scientifique côtière, biologie marine Méditerranée, bassin occidental, Ouest de la Corse
Plongées HROV.
<https://doi.org/10.17600/18000590>

UECOCOT 2018

SCHINTU JACQUET STÉPHANIE | CNRS
Recherche scientifique côtière Méditerranée Bassin Occidental, Canyon de Cassidaigne, Parc National des Calanques
Évaluation de l'état écologique des communautés benthiques.
<https://doi.org/10.17600/18000591>

FLUID3D 2018

DANO ALEXANDRE, MIGEON SÉBASTIEN
GEOSCIENCES AZUR - SOPHIA ANTIPOLIS
Recherche scientifique côtière, multidisciplines Méditerranée, bassin occidental
Relevés bathymétriques.
<https://doi.org/10.17600/18000592>

ESSHROV 2018

RAUGEL EWEN | IFREMER
Recherche technologique côtière, technologie Méditerranée, bassin occidental, Cavalaire, Nice
ROV hybride *Ariane*.
<https://doi.org/10.17600/18000593>

TELEPRESENCE

SOUBIGOU OLIVIER | IFREMER
Mission d'essais techniques, géosciences marines, biologie marine, technologie Mer Ligurienne
Validation de la téléprésence.
<https://doi.org/10.17600/18000850>

CÔTES DE LA MANCHE**SOGIR 18**

SOTTOLICCHIO ALDO | UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Campagne d'observation, multidisciplines
Golfe de Gascogne, estuaire de la Gironde
Suivi des masses d'eau et de l'écologie.
<https://doi.org/10.17600/18000446>

JERICOBENT 3

DEFLANDRE BRUNO | UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Golfe de Gascogne, Vasière Ouest Gironde
Biodiversité et fonctions de l'écosystème benthique.
<https://doi.org/10.17600/18000469>

PHRESQUES 2018 Leg1 et Leg2

VERNEY ROMARIC, LE BERRE DAVID,
JACQUET MATTHIAS | IFREMER
Recherche scientifique côtière, océanographie
physique, environnement
Manche, baie et estuaire de Seine
Bouées instrumentées.
<https://doi.org/10.17600/18000457>

HYD2M 2018 Leg1 et 2

BAILLY-DU-BOIS PASCAL | IRSN/LRC
Recherche scientifique côtière,
océanographie physique
Manche, cap de la Hague
Phénomènes hydrodynamiques
dans les zones de courants extrêmes.
<https://doi.org/10.17600/18000462>

JERICOBENT 4

DEFLANDRE BRUNO | UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Golfe de Gascogne, Vasière Ouest Gironde
Biodiversité et fonctions de l'écosystème benthique.
<https://doi.org/10.17600/18000470>

ASPEX 2018

MARIE LOUIS | LOPS - CNRS-IFREMER-IRD-UBO
Recherche scientifique côtière, océanographie
physique, Environnement
Golfe de Gascogne
Flotteurs profilants ARVOR-C.
<https://doi.org/10.17600/18000465>

APPEAL ATL 18-1

LE LOC'H FRANÇOIS, GRALL JACQUES | IFREMER
Recherche scientifique côtière, biologie marine
Golfe de Gascogne, Nord Gascogne
Acquisition de données écologiques.
<https://doi.org/10.17600/18001061>

JERICOBENT 5

DEFLANDRE BRUNO, SCHMIDT SABINE
UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Golfe de Gascogne, Vasière Ouest Gironde
Biodiversité et fonctions de l'écosystème benthique.
<https://doi.org/10.17600/18000471>

CHEMIST

REPECAUD MICHEL | IFREMER
Recherche technologique côtière, Environnement
Atlantique Nord-Est, baie de Vilaine
Mesure à haute fréquence de paramètres
chimiques à l'interface eau-sédiment.
<https://doi.org/10.17600/18000549>

APPEAL ATL 18-2

LE LOC'H FRANÇOIS, GRALL JACQUES | IFREMER
Recherche scientifique côtière, biologie marine
Golfe de Gascogne
Acquisition de données écologiques.
<https://doi.org/10.17600/18000466>

ORHAGO 18

COUPEAU YANN | IFREMER
Recherche scientifique côtière, halieutique
Côtes de La Manche, golfe de Gascogne
État du stock de sole.
<https://doi.org/10.17600/18000594>

TÉTHYS II**MOOSE ANTARES 2018**

BAIRHY NAGIB | UNIVERSITÉ DE MARSEILLE
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Méditerranée, bassin occidental, large de Toulon
Évolution du bassin nord-occidental
de la Méditerranée.
<https://doi.org/10.17600/18000609>

MOOSE DYFAMED 2018

DIAMOND-RIQUIER EMILIE, COPPOLA LAURENT
UNIVERSITÉ DE MARSEILLE
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Mer Ligurienne
Effets du changement climatique
et ceux induits par les activités anthropiques.
<https://doi.org/10.17600/18000621>

MOOSE BOUSSOLE

GOLBOL MELEK, VELLUCCI VINCENZO,
ANTOINE DAVID | UNIVERSITÉ DE MARSEILLE
Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Mer Ligurienne
Série à longs termes de paramètres bio-optiques.
<https://doi.org/10.17600/18000634>

SEAFOOD TECHNO

HELLO YANN | CNRS

Recherche technologique côtière,
géosciences marines
Région Méditerranéenne, Mer Ligure
Processus de déformation du fond marin
sur des distances plurikilométriques.

<https://doi.org/10.17600/18000416>

PROFEMI leg 1/2/3/4

GASSER BEAT | IAEA

Recherche scientifique côtière
Zone mésopélagique.

<https://doi.org/10.17600/18000604>

ALPARRAY-LIGURE 2018

DESSA JEAN-XAVIER | UPMC

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Mer Ligurienne, marge et bassin Nord Ligure
Microsismicité des failles sous-marines.

<https://doi.org/10.17600/18000417>

PHYBIO-ENSEIGNEMENT_2018

CNRS

Méditerranée Bassin Occidental
Campagne d'enseignement avec mise en œuvre
d'engin.

APPEAL-MED leg1 et 2

LABRUNE CÉLINE | CNRS

Recherche scientifique côtière, environnement
Méditerranée, bassin occidental, golfe du Lion
Projet éolien flottant.

<https://doi.org/10.17600/18000598>

MICROCO 2018 leg 1/2

LE BOT PHILIPPE | IFREMER

Recherche scientifique côtière,
océanographie physique
Méditerranée, bassin occidental
Systèmes innovants de mesure en mer.

<https://doi.org/10.17600/18000601>

GABES 2018

TRENTEAUX ALAIN | UNIVERSITÉ DE LILLE

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Méditerranée, bassin oriental, golfe de Gabès
Données géophysiques.

<https://doi.org/10.17600/18000472>

MISSRHODIA2

RABUILLE CHRISTOPHE | LSCE- CEA

Recherche scientifique côtière, chimie océanique
Méditerranée, bassin occidental,
golfe du Lion, embouchure du Rhône
Recyclage de la matière particulaire issue
du fleuve et de la production marine.

<https://doi.org/10.17600/18000473>

BIO-ARGO-MED 2018D'ORTENZIO FABRIZIO, TAILLANDIER VINCENT
INSTITUT DE LA MER DE VILLEFRANCHE

Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Méditerranée, Mer Levantine, Mer Ionienne,
Mer Tyrrhénienne

Maintenir un réseau de Flotteurs BioArgo
en Méditerranée.

<https://doi.org/10.17600/18000550>

DCE 5-2 leg2

BOUCHOUCHA MARC | IFREMER

Recherche scientifique côtière,
Chimie océanique, Environnement
Méditerranée, bassin occidental,
Méditerranée française
État écologique des masses d'eau côtières
et de transition.

<https://doi.org/10.17600/18000551>

THALIA**CARMOLIT 2018**

QUEMENER LOÏC | IFREMER

Recherche technologique côtière,
océanographie physique
Golfe de Gascogne, baie de la Vilaine
Mise en place de la bouée MOLIT.

<https://doi.org/10.17600/18000409>

REBENT 2018

BROUDIN CAROLINE | CNRS

Recherche scientifique côtière, environnement,
biologie marine

Golfe de Gascogne, Mer Celtique
Communautés benthiques côtières.

<https://doi.org/10.17600/18000410>

DCE Benthos 2018

FOVEAU AURÉLIE | IFREMER

Mission d'intérêt public, biologie marine
Manche, zone des 1 mille entre Saint-Malo
et Calais (masses d'eau côtières DCE)
Echantillonnage des communautés
benthiques subtidales.

<https://doi.org/10.17600/18000411>

ESSTECH -TH-18

BISQUAY HERVÉ | GENAVIR

Mission d'essais techniques, technologie
Atlantique Nord-Est, baie de Douarnenez
Essais techniques des équipements acoustiques.
<https://doi.org/10.17600/18000485>

GEOSAINTBRIEUC18

MENIER DAVID | UBO

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Océan Atlantique, baie de Saint-Brieuc
Architecture et morpho-dynamique des formations
sédimentaires quaternaires.
<https://doi.org/10.17600/18000412>

REM-2040-2018

LURTON XAVIER | IFREMER

Recherche technologique côtière, technologie
Atlantique nord-est, rade de Brest
Possibilités d'étalonnage des mesures
d'intensité par les sondeurs multifaisceaux.
<https://doi.org/10.17600/18000414>

PAGURE-NEXT 2018

CARLIER ANTOINE | IFREMER

Recherche scientifique côtière,
biologie marine, environnement
Golfe de Gascogne
Biodiversité d'un écosystème benthique
côtier sous influence de la crépidule.
<https://doi.org/10.17600/18000413>

SYPOCO 2018

EHRHOLD AXEL, RIBOULOT VINCENT | IFREMER

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Golfe de Gascogne, baie de Concarneau
Séries stratigraphiques holocènes.
<https://doi.org/10.17600/18000420>

LAB-ON-SHIP 2018

BRACH-PAPA CHRISTOPHE | IFREMER

Recherche technologique côtière, environnement
Golfe de Gascogne, estuaire de la Loire
Technologie lab on valve (LOV).
<https://doi.org/10.17600/18000423>

SEDYMAQ4-18

GILLET HERVÉ | UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Golfe de Gascogne
Evaluer l'impact de l'hydrodynamisme actuel.
<https://doi.org/10.17600/18000424>

JERICOBENT-5-TH

GILLET HERVÉ | UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Recherche scientifique côtière, géosciences marines
Golfe de Gascogne
Biodiversité et fonctions de l'écosystème benthique.
<https://doi.org/10.17600/18000425>

COMOR 48

FOUCHER ERIC | IFREMER

Mission d'intérêt public, Halieutique
Manche, baie de Seine
Évaluation des stocks de coquilles Saint-Jacques.
<https://doi.org/10.17600/18000530>

COSB 2018

CAROFF NICOLAS | IFREMER

Mission d'intérêt public, Halieutique
Manche, baie de Saint-Brieuc
Évaluation des stocks de coquilles Saint-Jacques.
<https://doi.org/10.17600/18000531>

NURSE 2018

BRIND'AMOUR ANIK | IFREMER

Mission d'intérêt public, biologie marine, halieutique
Golfe de Gascogne
Fonctionnement des nourriceries.
<https://doi.org/10.17600/18000532>

ECHOSONDE 3 2018

DORAY MATHIEU | IFREMER

Recherche scientifique côtière, biologie marine
Golfe de Gascogne, banc de Guérande et ses environs
Ecosystème pélagique.
<https://doi.org/10.17600/18000533>

HOOPLACOR 2018

MOURET AURÉLIA | UNIVERSITÉ D'ANGERS

Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Golfe de Gascogne, baie du Croisic et la zone
de la Lambarde
Suivi de l'impact des éoliennes en mer
sur les habitats benthiques côtiers.
<https://doi.org/10.17600/18000534>

MISSION D4S

MARIE LOUIS | CNRS-IFREMER-IRD-UBO

Recherche scientifique côtière, multidisciplines
Mer Celtique, Mer d'Iroise
Le projet de mission spatiale SKIM.
<https://doi.org/10.17600/18000842>

HALIOTIS**Esstech-gen-18**

BISQUAY HERVÉ | GENAVIR

Mission d'essais techniques, technologie

Mer Celtique, rade de Brest

Essais techniques des équipements acoustiques.

<https://doi.org/10.17600/18000480>

HOOPLA18

BALTZER AGNÈS | UNIVERSITÉ DE NANTES

Recherche scientifique côtière, géosciences marines,

Environnement

Golfe de Gascogne, partie maritime

de l'Estuaire de la Loire

Habitat benthique.

<https://doi.org/10.17600/18000406>

EMEMO18

CHAUMILLON ERIC | UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE

Recherche technologique côtière,

géosciences marines

Golfe de Gascogne, Pertuis de Maumusson

Évolutions morpho-sédimentaires.

<https://doi.org/10.17600/18000407>

OR2C

BALTZER AGNÈS | UNIVERSITÉ DE NANTES

Recherche scientifique côtière, géosciences marines,

Environnement

Océan Atlantique nord, le coureau Islais

entre les pays de Monts et l'Ile d'Yeu

Reconnaissance des petits fonds.

<https://doi.org/10.17600/18000408>



Centre Ifremer
ZI de la Pointe du Diable
CS 10070
29280 Plouzané

Tél. 02 98 22 40 40
www.flotteoceanographique.fr



Remerciements à l'ensemble
des personnes qui ont contribué
à la réalisation de ce rapport annuel.

Photo de couverture
© Ifremer/Ird. N. Lamande

Conception graphique
Jérémy Barrault

Impression
Stipa (labelisé Imprim'vert & ISO 14001)

Ce document est imprimé sur du papier
issu de forêts gérées durablement
Oikos 300 g et 115 g (50% FSC, 50% recyclé).

