

# RAPPORT ANNUEL



2018

# ÉDITORIAL

DE FRANÇOIS HOULLIER  
PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL  
DE L'IFREMER



© Ifremer - S. Lesbats

Depuis que j'ai rejoint l'Ifremer à la fin de l'été 2018, j'ai pu pleinement apprécier la largeur de son spectre disciplinaire et la diversité de ses missions — recherche et gestion d'infrastructures de recherche, expertise scientifique en appui aux politiques publiques, partenariat et transfert pour l'innovation, — ainsi que la diversité des activités, productions et impacts qui en découlent.

Présent sur l'ensemble des façades maritimes françaises, dans l'hexagone comme outre-mer, l'Ifremer occupe une place singulière dans le paysage des sciences et technologies marines : institut de référence dans ce domaine, il est au cœur d'un réseau partenarial très dense où il collabore et interagit avec des universités, des écoles et d'autres organismes de recherche, avec les administrations de plusieurs ministères, avec des collectivités territoriales, avec des acteurs économiques et industriels et, de façon croissante, avec la société civile. En Europe et dans le monde, l'Ifremer fait partie des instituts de recherche en sciences marines les plus visibles et influents.

Sans prétendre à l'exhaustivité, ce rapport annuel d'activités rend naturellement compte des diverses facettes de l'institut. Je souhaite souligner ici trois événements majeurs qui font de 2018 une année singulière dans l'histoire de l'institut.

En premier lieu, l'unification de la flotte océanographique française : fruit d'un long processus engagé depuis plusieurs années, elle est une réalité depuis

le 1<sup>er</sup> janvier 2018. Mon prédécesseur, François Jacq, s'y est activement consacré dans un esprit d'ouverture, de rigueur et de service. Depuis plus d'un an, la flotte est ainsi opérée par l'Ifremer, pour le compte et au bénéfice de toute la communauté scientifique française concernée, et ses instances de pilotage ont été mises en place. Cette nouvelle organisation renforce la visibilité et la lisibilité nationales, européennes et internationales de cette très grande infrastructure de recherche, la plus grande des sciences de l'environnement en France; elle en permet d'ores et déjà une gestion plus claire et efficace. S'agissant de l'avenir immédiat, il faut finaliser le transfert des navires et des marins du CNRS; il faut surtout organiser l'évolution de Genavir afin de garantir la continuité du service dans ce nouveau contexte. Sur le moyen et le long terme, il s'agit d'assurer le financement du fonctionnement de la flotte et d'en préparer la modernisation et le renouvellement: les réflexions engagées dès 2017 doivent ainsi se concrétiser en 2019 sous la forme d'une programmation pluriannuelle.

Le second événement concerne le transfert, de Paris à Brest, du siège social de l'institut. Après plusieurs années de préparation, ce transfert est effectif depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2019. Le premier volet, essentiel, de cette opération a concerné l'accompagnement social des salariés du site d'Issy-Les-Moulineaux. La mobilisation de la direction des ressources humaines, de l'État et de ses opérateurs publics a permis de trouver des solutions pour l'ensemble des personnels concernés. Le deuxième volet est immobilier: la construction du bâtiment destiné à accueillir le siège sur le site de Plouzané devrait être achevée à l'été 2019. Le troisième volet, la modernisation du navire océanographique *Thalassa*, a été techniquement achevée en 2017. Au-delà du suivi du bon achèvement de ce projet majeur, 2019 ouvre une longue période de consolidation, voire de reconstruction, des directions en charge de l'appui à la recherche, de l'administration et du pilotage global de l'institut. Il s'agit également à la fois de tirer parti de cette nouvelle situation pour promouvoir Brest comme un pôle international en sciences et technologies marines et d'inaugurer de nouvelles modalités de fonctionnement respectueuses du caractère national de l'institut et des compétences et ressources distribuées dans les autres sites.

Suite à son évaluation par le Hcéres en 2017, l'élaboration collective d'un nouveau document d'orientation à long terme, intitulé «*Notre projet d'institut. Horizon 2030*», a été finalisée au deuxième semestre 2018. Socle du nouveau contrat d'objectifs et de performance 2019-2023, cette stratégie trace une perspective scientifique ambitieuse, «*Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100*», qui est à la mesure des enjeux locaux, nationaux et globaux auxquels la mer et les littoraux sont confrontés: dérèglement climatique, pollutions multiples et crise de la biodiversité, développement de l'économie bleue... Ces enjeux nécessitent à la fois d'améliorer la connaissance de l'océan, de ses processus fonctionnels et évolutifs, de ses ressources et de ses usages, et de stimuler les approches inter- et transdisciplinaires qui sont essentielles pour que la recherche contribue pleinement aux objectifs du développement durable adoptés en 2015 et dont plusieurs concernent la mer et les activités maritimes. Relever ces enjeux de connaissance et d'intégration suppose de renforcer les capacités d'exploration, d'observation et de modélisation aussi bien que de gestion, de partage et de valorisation des masses de données produites.

Cette stratégie met également en exergue la nécessité de placer les sciences et technologies marines au cœur de la société: par le soutien à l'innovation et la diversification des formes de partenariat et de transfert vers le monde économique, avec l'amplification de la démarche *InOcéan* lancée dès 2018; par un appui renouvelé aux politiques publiques, dans le prolongement des actions déjà engagées depuis plusieurs années; comme par des formes plus collaboratives et participatives d'interaction avec les citoyens. Cette stratégie comporte naturellement une forte dimension partenariale, non seulement dans le cadre des politiques de site et d'alliances nationales, mais aussi par des collaborations renforcées en Europe et par l'engagement dans des initiatives globales telles que la future décennie 2021-2030 des sciences océaniques au service du développement durable.

François HOULLIER

# SOMMAIRE

2 ÉDITORIAL DE FRANÇOIS HOULLIER  
PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL  
DE L'IFREMER

5 L'IFREMER EN CHIFFRES

8 PROJET D'INSTITUT HORIZON 2030  
ET CONTRAT D'OBJECTIFS  
ET DE PERFORMANCE 2019-2023

9 LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE  
FRANÇAISE

15 CAMPAGNES OCÉANOGRAPHIQUES  
CONDUITES EN 2018

20 POLITIQUE SCIENTIFIQUE

## **En direct de la recherche :**

24 Océanographie et dynamique  
des écosystèmes

29 LES RESSOURCES VIVANTES  
ET LEUR ENVIRONNEMENT

34 RESSOURCES ET ÉCOSYSTÈMES  
DES GRANDS FONDS OCÉANIQUES

40 INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE  
ET SYSTÈMES D'INFORMATION

44 EXPERTISE EN APPUI  
AUX POLITIQUES PUBLIQUES

47 INNOVATION ET PARTENARIATS  
ÉCONOMIQUES

51 PARTENARIATS EUROPÉENS  
ET INTERNATIONAUX

55 COMMUNICATION

58 RESSOURCES HUMAINES ET SERVICES  
SUPPORTS À LA RECHERCHE

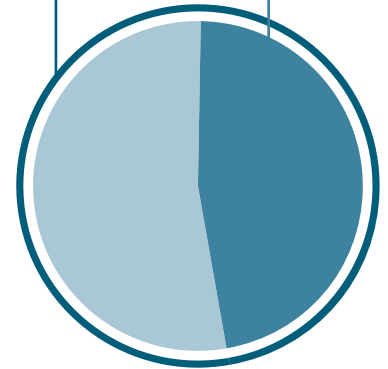
62 ANNEXES

Photo de couverture :  
VUES SOUS-MARINES DU HROV  
LORS DE LA MISSION ESSHROV  
© Ifremer - O. Dugornay

# L'IFREMER EN CHIFFRES



1474 SALARIÉS DONT  
47% DE FEMMES



- 647** CHERCHEURS ET INGÉNIEURS
- 206** DOCTORANTS ENCADRÉS PAR DES CHERCHEURS DE L'IFREMER
- 90** TITULAIRES DE L'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES (HDR)
- 66** NOUVEAUX COLLABORATEURS EN 2018
- 55** POST-DOCTORANTS

---

**235 000 000 €**  
DE BUDGET

---

\* Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2019, le siège social de l'Ifremer est situé sur le centre de Bretagne à Plouzané (29).  
\*\* La station de La Trinité-sur-mer a été fermée en 2018.

## 2018 EN IMAGES

### JANVIER

Essai dans un bassin d'essai de l'Ifremer d'une plateforme semi-submersible support d'une éolienne dans le cadre du projet Nautilus piloté par Tecnalía Ventures ©Ifremer - O. Dugornay



### FÉVRIER

Campagne océanographique IBTS\* en Manche-Mer du Nord: le *Thalassa* rentre au port de Boulogne-sur-Mer avec des données permettant d'évaluer l'état des ressources halieutiques et de mieux comprendre l'évolution des communautés de poissons.

©Ifremer - S. Lesbats



### JANVIER-MARS

Campagne BICOSE 2\*\*. Une équipe de scientifiques coordonnée par l'Ifremer embarque à bord du navire océanographique *Pourquoi pas ?*. Objectif: plonger à plus de 3500 m de fond au milieu de l'océan Atlantique pour étudier les organismes vivants autour des sources hydrothermales. ©Ifremer



### MARS-AVRIL

La qualité des eaux littorales de Méditerranée s'améliore d'année en année. L'état de la faune qui peuple les fonds marins et les sources d'éventuelles contaminations sont évalués régulièrement par les scientifiques de l'Ifremer comme ici lors d'une campagne de mesures à bord du navire océanographique *L'Europe*.

©Ifremer - E. Emery

### MAI - JUIN

Étude des pockmarks de la baie de Concarneau, cratères de quelques mètres de diamètre sur quelques mètres de profondeur liés à l'échappement de gaz présents dans les sédiments (campagne SYPOCO\*\*\*).

©Ifremer - O. Dugornay

## JUILLET

Lancement du projet « Marine Habitats » (Life+ Marha) pour faire progresser la mise en œuvre de la directive européenne « habitats, faune, flore ». L'Ifremer participe à l'acquisition de connaissances avec notamment un suivi des récifs

de coraux dans certains canyons sous-marins, à la frontière entre le plateau continental et les plaines abyssales. Photo : coraux d'eau froide: *Anthotela sp.* (Alcyonacea, violet), gorgones (Alcyonacea) et comatules.

© Ifremer

## AOÛT

Congrès Aqua2018: l'aquaculture mondiale se réunit à Montpellier et visite la plateforme expérimentale aquacole de la station de l'Ifremer à Palavas-les-Flots.

© Ifremer - Drone STUDIO



## OCTOBRE

Le satellite CFOSAT (China-France Oceanography SATellite) est mis en orbite terrestre afin d'étudier le vent et les vagues à la surface des océans. Ces données permettront de réaliser des prévisions plus fiables de l'état de la mer, mais aussi de mieux comprendre les interactions entre l'océan et l'atmosphère. Il s'agit d'un projet développé conjointement par le CNES et l'agence spatiale chinoise CNSA (China National Space Administration) l'Ifremer est partenaire.

© CNES/ihl./SATTLER Oliver, 2017

## OCTOBRE

Les équipes du CNRS, de l'Ifremer et des Explorations de Monaco unissent leurs forces pour mieux comprendre les comportements des tortues vertes en Martinique. Mobilisées dans le cadre du « *Pilot project for Indian ocean sea turtles* », elles ont contribué aux développements technologiques de caméras embarquées et d'objets connectés au sein du Consortium de recherche « Îles Eparses » qui réunit le CNRS, l'IRD, l'Ifremer, l'AFB, l'Université de La Réunion, le centre universitaire de Mayotte et les Terres australes et antarctiques françaises

© Olivier Borde / Monaco Explorations

## DÉCEMBRE

L'état de santé des coraux est cartographié à La Réunion. Grâce à la technologie d'imagerie « hyperspectrale », il est maintenant possible d'évaluer l'état de santé de la surface des plates-formes récifales de La Réunion.

© Ifremer - M. Duval

\* International bottom travel survey

\*\* Biodiversité Interactions connectivité et symbioses en milieu extrême

\*\*\* Système sédimentaire et de pockmarks de la baie de Concarneau



# PROJET D'INSTITUT HORIZON 2030 ET CONTRAT D'OBJECTIFS ET DE PERFORMANCE 2019-2023

Deux documents majeurs qui orientent désormais les travaux et l'organisation de l'Ifremer ont été élaborés durant l'année 2018 : le projet d'institut et le contrat d'objectifs et de performance.

Le projet d'institut, intitulé « Horizon 2030 », est issu d'un travail collectif qui a mobilisé plus d'une centaine de salariés et des partenaires extérieurs. À travers ce projet, l'institut souhaite définir une perspective pour la prochaine décennie et guider son action sur cette période. L'Ifremer y réaffirme, comme fil conducteur de son projet, le triptyque fondateur à savoir le triple engagement recherche, innovation et appui à la puissance publique en se donnant quatre ambitions majeures :

- être un acteur en prise avec la société;
- comprendre et prévoir l'évolution de l'océan en 2100;
- être un moteur de l'innovation;
- jouer un rôle de catalyseur pour les sciences et technologies marines françaises.

Élaboré en 2018 et finalisé au début de l'année 2019, le contrat d'objectifs et de performance (COP) 2019-2023 entre l'État et l'Ifremer s'inscrit dans la perspective du projet d'institut. L'élaboration de ce contrat s'est nourrie du bilan du précédent contrat d'objectifs et des échanges depuis l'été 2018 avec les ministères de tutelle. Le nouveau contrat est un document opérationnel qui fixe des objectifs, des actions à mener, dont le suivi régulier s'appuie sur le calcul d'indicateurs.

Ce contrat est structuré de la manière suivante :

- comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100 » (les orientations scientifiques);
- mobiliser les connaissances scientifiques et développer l'expertise en appui aux politiques publiques;
- être un organisme innovant, moteur du développement de l'économie maritime;
- tirer le meilleur bénéfice d'une flotte unifiée au service de tous les utilisateurs, en préparant et en mettant en œuvre un plan pluriannuel de programmation et de renouvellement des navires et des engins sous-marins;
- être un institut reconnu au plan européen et international;
- et enfin construire une démarche de progrès pour le pilotage de l'établissement et l'emploi de ses ressources.





---

# LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

---

La Flotte Océanographique Française (FOF) est l'une des vingt-deux très grandes infrastructures françaises de recherche (TGIR). Sur proposition du ministère en charge de la Recherche, elle est opérée depuis 2018 par l'Ifremer, au bénéfice de la communauté scientifique. La gouvernance de la FOF, mise en place en janvier 2018, permet de s'assurer du respect du cahier des charges de la programmation et d'associer de manière équilibrée toutes les parties prenantes.

Ainsi les orientations générales, la programmation et le budget de la FOF sont décidés par un comité directeur dont les membres sont le ministère en charge de la recherche, l'Ifremer, le CNRS, l'IRD et le réseau des universités marines. Un conseil scientifique indépendant, formé de scientifiques français et internationaux, a également été mis en place auprès du comité directeur. Il s'est réuni pour la première fois en décembre 2018 sous la présidence de Uwe Nixdorf (Institut Alfred Wegener – Allemagne). Les campagnes océanographiques proposées par les équipes scientifiques sont sélectionnées par deux commissions nationales indépendantes, l'une pour la flotte hauturière, l'autre pour la flotte côtière. La gestion opérationnelle de la Flotte est réalisée par l'Ifremer qui 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 jours pour les navires côtiers.

La FOF rassemble les navires gérés historiquement par l'Ifremer, le CNRS, l'IRD et l'Ipev. Elle comprend ainsi quatre navires hauturiers, deux semi-hauturiers, cinq navires côtiers et sept navires de station (gérés par le CNRS). Elle compte également des engins sous-marins, comme les robots *Victor 6000* et *Ariane*, le sous-marin *Nautille*, et des équipements mobiles qui permettent, par exemple, d'explorer les structures géologiques, ou le sous-sol sous-marin (flûtes sismiques, pénétromètre, carottiers).

Si la Flotte est utilisée principalement pour les recherches scientifiques, elle répond également à des missions de service public, d'observation et de surveillance pour le compte de l'État. Elle est par ailleurs sollicitée dans le cadre de partenariats recherche-industrie avec le monde socio-économique. Enfin, elle participe à la formation des étudiants.

## L'UNIFICATION DE LA FLOTTE

**INTERVIEW DE JEAN-MARIE FLAUD (MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION), PRÉSIDENT DU COMITÉ DIRECTEUR DE LA FOF.**



**QUELLES SONT LES MOTIVATIONS ET COMMENT L'UNIFICATION DE LA TGR FLOTTE A-T-ELLE ÉTÉ CONÇUE ?**

La question de l'optimisation de la gestion de la flotte océanographique 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 (PDG de l'Ifremer de 2013 à 2018) 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 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 ministère 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 ministère, faisant l'objet d'un suivi distinct au sein du budget de l'Ifremer. Pour 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.



LE POURQUOI PAS ?, À QUAI.  
© Ifremer - Gilles Martin

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

Dans le court délai dont nous disposions, l'ensemble du cadre est désormais en place. La programmation 2018 montre la réalisation de très belles campagnes scientifiques, tandis que des dossiers de fond comme les plans de renouvellement de la Flotte et des engins sous-marins sont initiés et soumis au conseil scientifique de la FOF. Nous avons formulé le souhait que l'unification de la FOF permette une planification pluriannuelle afin de donner à la communauté scientifique une meilleure vision de la programmation des prochaines années. L'engagement sera tenu en 2019, en regroupant plusieurs campagnes scientifiques dans le Pacifique, cela en est une belle illustration !

## OBSERVER LA CROÛTE OCÉANIQUE GRÂCE AUX NOUVEAUX ÉQUIPEMENTS DE SISMIQUE DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

**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 (zone « plastique » du manteau terrestre). 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 en continu en deux dimensions peuvent donc y être relevés. 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 : l'un 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 CETTE CAMPAGNE, VOUS AVEZ MIS EN ŒUVRE LE NOUVEL ÉQUIPEMENT SISMIQUE SIS 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 deux flotteurs et seize canons (émetteurs); la réception des signaux se fait à la fois avec la flûte sismique SIS1 d'une longueur de 6 000 mètres, ainsi qu'avec des sismomètres posés au fond (*OBS*, *Ocean bottom seismometers*), instruments intégrant des capteurs de pression et des accéléromètres. Au total, 980 milles de profils ont été réalisés, ainsi que 90 déploiements de ces sismomètres.

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 une synchronisation très précise des canons à air de la source et une distance entre tirs de 300 mètres. 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 de réflexion sismique (avec la flûte sismique de 6 000 mètres) et de réfraction (avec les *OBS*) permettra de cartographier la lithosphère à différentes échelles et résolutions. Cette approche combinée va contribuer à mieux caractériser la croûte océanique ainsi que la partie supérieure du manteau.

## SUIVRE UNE PLONGÉE EN TEMPS RÉEL DEPUIS UNE SALLE À TERRE : PROJET TÉLÉPRÉSENCE OU L'OCCASION POUR DES ÉTUDIANTS D'ACQUÉRIR ET D'EXPLOITER DES DONNÉES SOUS-MARINES EXCEPTIONNELLES

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



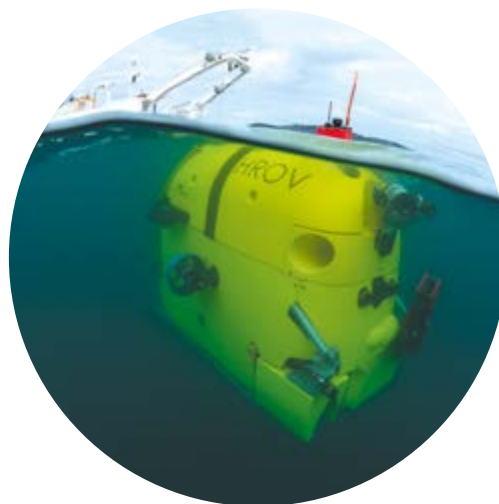
**VOUS AVEZ PARTICIPÉ EN TANT QUE CO-CHEF DE MISSION À LA CAMPAGNE TÉLÉPRÉSENCE<sup>2</sup> QUI S'EST DÉROULÉE SUR L'EUROPE AVEC LE HROV ARIANE<sup>3</sup> EN DÉCEMBRE 2018. QUELS EN ÉTAIENT LES PRINCIPAUX OBJECTIFS ?**

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

<sup>2</sup> voir la carte des campagnes océanographiques côtières p. 17

<sup>3</sup> Un ROV (*Remotely Operated Vehicle*) est un robot submersible téléguidé par le pilote d'un sous-marin ou depuis la salle de contrôle d'un navire. Un AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) est un robot submersible autonome fonctionnant sans être commandé à distance. Le HROV *Ariane* (*H - hybrid*) est un véhicule à énergie embarquée qui offre des possibilités de déploiement en mode téléopéré (ROV), ou autonome (AUV). *Ariane* permet des plongées dites 'à la journée', jusqu'à des immersions de 2 500 m, pour des missions d'intervention, de prélèvement, d'inspection ou de cartographie optique et acoustique. Son architecture propulsive et ses capteurs de navigation lui permettent de travailler sur tout type de fond, y compris des zones très accidentées comme les canyons.

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 (Italie). 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.



LE SOUS-MARIN HROV ARIANE POUR UNE MISSION D'ESSAIS TECHNIQUES, SOUS ET SUR L'EAU.

© Ifremer - O. Dugornay

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

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 l'équipe située à bord. Un système de communication permanent entre la terre et la mer est établi par liaison satellitaire, 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 le laboratoire Géoazur étaient faciles. Cette mission s'est révélée un véritable outil pédagogique. Les étudiants du Master 2 géosciences, géorisques et géorressources de l'université de Nice Sophia Antipolis 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 préparés 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 et sous la direction du chef de mission Olivier Soubigou (Ifremer).

#### ENVISAGEZ-VOUS DE RENOUVELER L'EXPÉRIENCE ?

Oui, bien sûr. Le projet pédagogique a réellement bien fonctionné, les étudiants travaillent maintenant sur l'exploitation des 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, notamment par le dépôt d'une demande de campagne dès 2019 pour continuer l'exploration de la marge avec les futurs étudiants et 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.



L'ATALANTE, UN DES NAVIRES DE RECHERCHE OCÉANOGRAPHIQUE DE LA TGIR FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

## À LA RECHERCHE D'ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES ET GÉOLOGIQUES « EXTRÊMES » DANS LES SÉDIMENTS MARINS PROFONDS AU LARGE DE TAIWAN

**INTERVIEW DE NATHALIE BABONNEAU, ENSEIGNANTE-CHERCHEUSE À L'UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE, LABORATOIRE GÉOSCIENCES OCÉAN, CHEF DE MISSION DE LA CAMPAGNE EAGER<sup>4</sup>, JUIN 2018.**



#### QUELS ÉTAIENT LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE CETTE CAMPAGNE QUI S'EST DÉROULÉE À BORD DU MARION DUFRESNE ?

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 subduction, 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 quatre 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 la périodicité et les variabilités de ces

<sup>4</sup> voir la carte des campagnes océanographiques hauturières p. 16



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 grands fonds au monde avec des carottages 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 ont participé, dont onze étudiants de Master au titre d'une « université flottante ».

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

Trente-deux carottes sédimentaires, jusqu'à 46 mètres de longueur, et quatorze 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'évènements extrêmes et constituent un premier résultat prometteur pour obtenir des chronologies d'évènements. 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 pléistocène a été identifié. À ce jour, le volcan à l'origine de cette éruption reste inconnu, mais les analyses géochimiques permettront de l'identifier. Enfin, sur deux sites, des hydrates de gaz ont été prélevés. Cette découverte est une première dans les eaux taiwanaises et représente un enjeu important en termes de ressources énergétiques pour Taiwan.



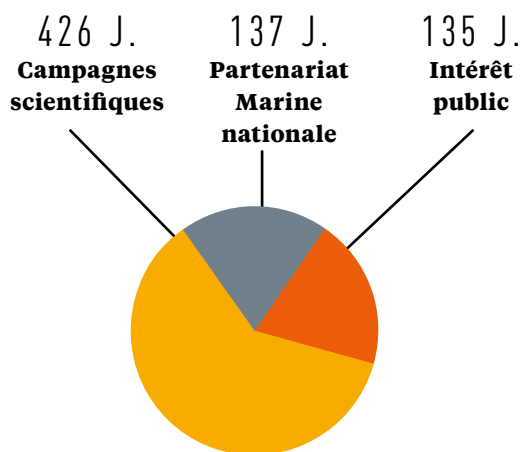
PRÉLÈVEMENT D'UNE CAROTTE SÉDIMENTAIRE PAR DEUX SCIENTIFIQUES DE L'IFREMER, DANIELA ZEPELLI (À GAUCHE) ET SOPHIE ARNAUD-HAOND (À DROITE), LORS DE LA CAMPAGNE AMIGO EN 2018 DANS LE CADRE DU PROJET « POURQUOI PAS LES ABYSSES ? ». OBJECTIF : MIEUX CONNAÎTRE LA BIODIVERSITÉ DES GRANDS FONDS. © Ifremer - Gilles Martin

# CAMPAGNES

## 2018

1926 JOURS DE CAMPAGNES :

### FLOTTE HAUTURIÈRE

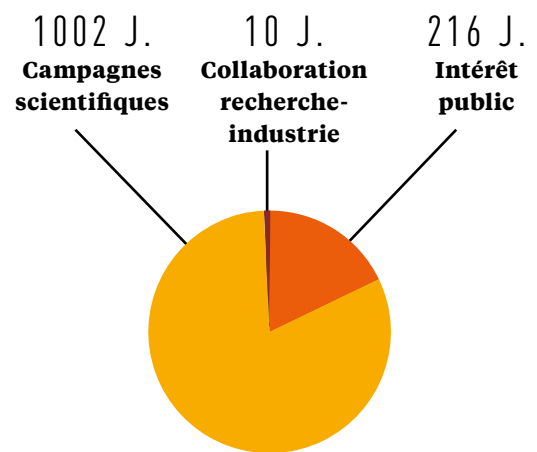


### NAVIRES HAUTURIERS

MARION DUFRESNE  
POURQUOI PAS ?

L'ATALANTE  
THALASSA

### FLOTTE CÔTIÈRE ET SEMI-HAUTURIÈRE



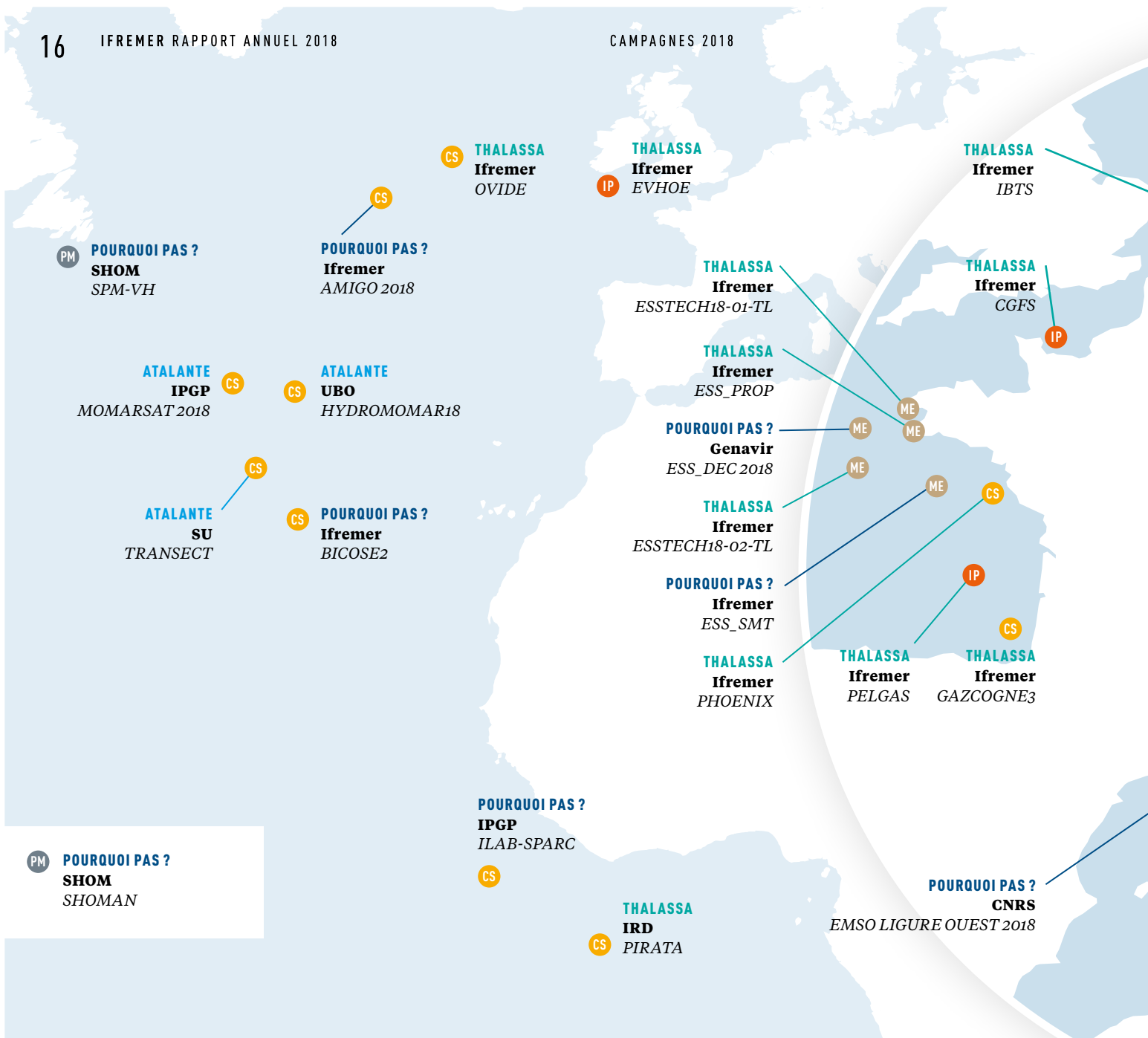
### NAVIRES CÔTIERS

L'EUROPE  
CÔTES DE LA MANCHE  
TÉTHYS II  
THALIA  
HALIOTIS

### SEMI-HAUTURIERS

ALIS  
ANTÉA





# FLOTTE HAUTURIÈRE

## MISSIONS

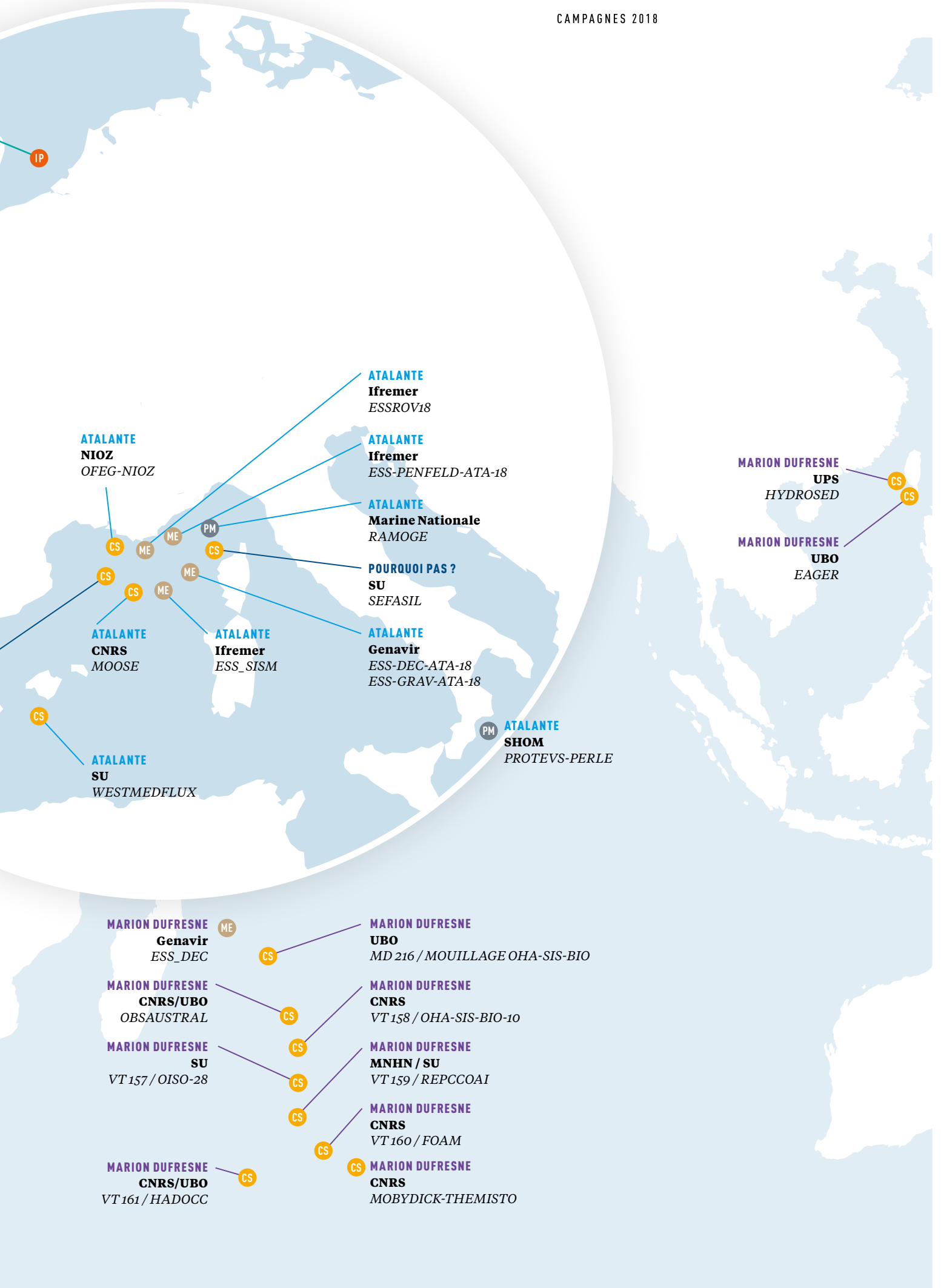
- PM** Partenariat Marine nationale
- IP** Intérêt public
- CS** Campagne scientifique
- ME** Missions d'essais techniques

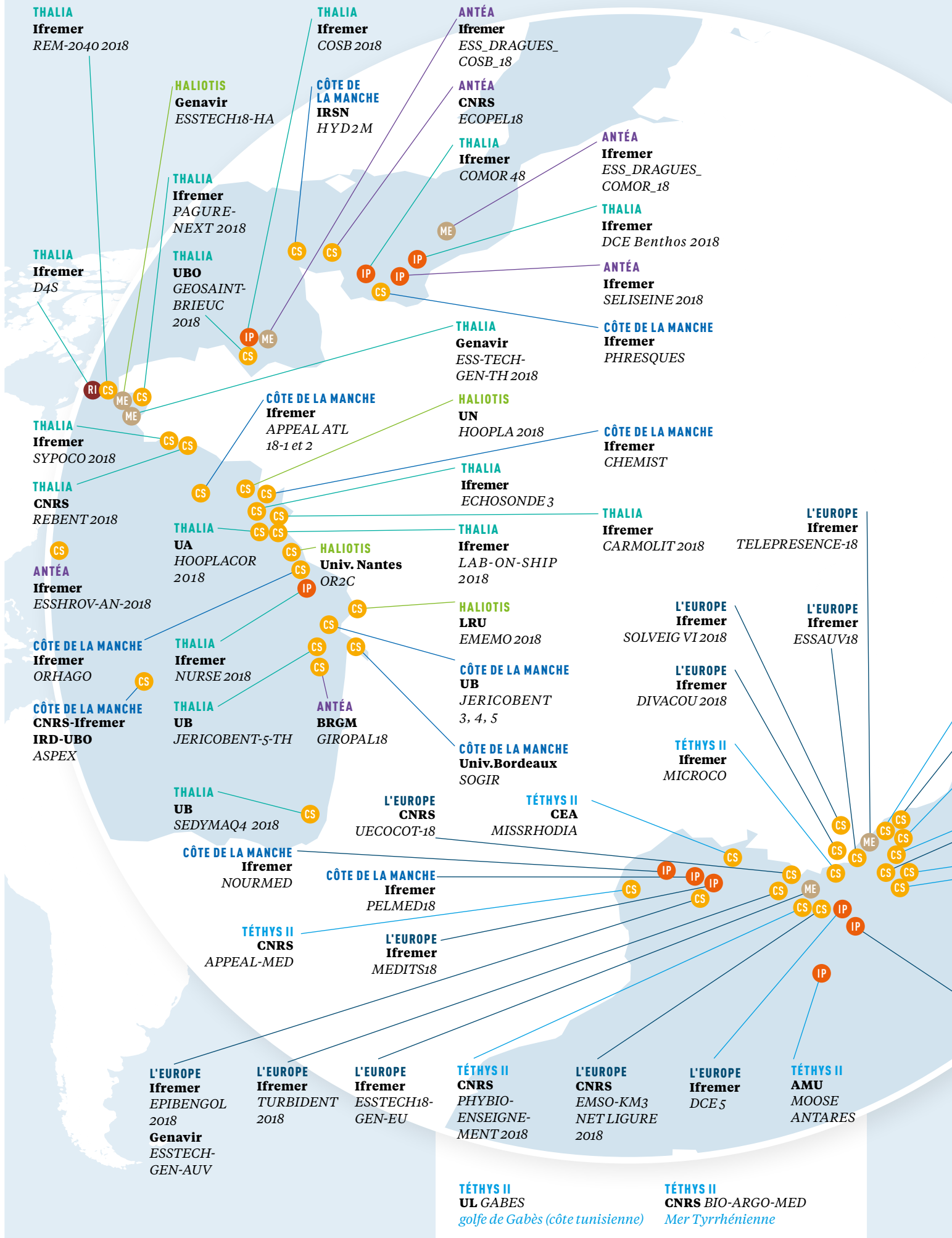
## NAVIRES

- 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

**TÉTHYS II**  
**AMU**  
MOOSE BOUSSOLE

**L'EUROPE**  
**Ifremer**  
ESSHROV18

**TÉTHYS II**  
**AMU**  
MOOSE DYFAMED

**ALIS**  
**IRD**  
CARIOCA 3

**ALIS**  
**CPS**  
WALLALIS

**ALIS**  
**IRD**  
MOANA-MATY

**TÉTHYS II**  
**IAEA**  
PROFREMI 2018

**L'EUROPE**  
**Ifremer**  
REVERSE18

**ALIS**  
**IRD**  
UECOCOT  
RETRAIT

**ALIS**  
**UBO**  
WALLIS 2018

**ALIS**  
**IRD**  
MALIS 2018

**IP**

**CS**

**L'EUROPE**  
**UC**  
CARBONSINK

**ALIS**  
**AD**  
SEDLAB

**ALIS**  
**IRD**  
SPOT-OUVEA

**ALIS**  
**CNRS**  
SPPIM

**TÉTHYS II**  
**Ifremer**  
DCE 5-2

**L'EUROPE**  
**CNRS**  
CYLICE-ECO 2018

**ALIS**  
**IRD**  
UECOCOT KONE

**ALIS**  
**Genavir**  
ESS\_DEC\_SMF

# POLITIQUE SCIENTIFIQUE

Comprendre et prévoir les évolutions de l'océan à l'horizon 2100 nécessite une politique scientifique volontariste à même de produire les connaissances nécessaires pour relever ce défi et en cohérence avec l'ambition affichée de se positionner comme institut de référence dans le domaine des sciences marines. Pour satisfaire cette ambition, l'Ifremer met en œuvre différents modes d'action tournés vers les équipes de l'institut mais aussi vers les partenaires pour s'ouvrir à de nouvelles compétences et cultures disciplinaires. Ces dispositifs permettent de soutenir l'émergence et la prise de risque, de favoriser la pluri et l'interdisciplinarité ou de valoriser les connaissances produites par les équipes de l'institut.

## EN 2018 :

# 598

**articles scientifiques**  
INDEXÉS DANS WEB OF SCIENCE  
(AUTEUR SALARIÉ DE L'IFREMER)

# 11

**projets européens**  
**H2020 retenus**

# 1

**projet ERC retenu**  
(voir p. 25 *Vers une accélération des changements en Arctique en raison de l'influence des vagues*)

## LES JEUNES CHERCHEURS AU CŒUR DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE

L'Ifremer participe à la formation des futurs chercheurs en accueillant chaque année de nombreux doctorants qui contribuent aux activités de recherche de l'institut et qui concrétisent les liens avec les universités françaises et étrangères. C'est d'ailleurs pour accroître ce rayonnement et pour préparer la période post-doctorale que l'Ifremer propose un appel à mobilité. Grâce à ce dispositif, dix doctorants ont réalisé, en 2018, des séjours dans des laboratoires américains, norvégiens, italiens, allemands... afin d'acquérir de nouvelles compétences et d'initier des partenariats. En 2018, quarante personnes ont été recrutées au sein des unités de recherche propres et des unités mixtes de recherche (UMR), portant à 206 le nombre de doctorants accueillis par l'Ifremer. Ces jeunes chercheurs sont encadrés par les 90 chercheurs titulaires d'une habilitation à diriger la recherche que compte l'institut.

Le développement de marques électroniques pour suivre les espèces marines, la synthèse, l'optimisation et la qualification de capteurs infrarouge de polluants aquatiques ou encore l'adaptation métabolique chez les bivalves marins et l'impact des changements environnementaux sont quelques exemples de sujets qui figurent parmi les 48 thèses soutenues, en 2018, dans les 31 écoles doctorales partenaires de l'institut.

Enfin, l'institut accueille 55 jeunes docteurs dans le cadre de contrats post-doctoraux dont la durée varie entre un an et dix-huit mois. Ces derniers contribuent fortement au ressourcement de l'institut et à son rayonnement international.

Comme inscrit au projet d'institut, l'Ifremer va adapter sa politique doctorale et post-doctorale afin d'accroître son attractivité vis-à-vis de jeunes chercheurs étrangers et ainsi favoriser leur accueil dans les équipes de recherche. Cette politique renforcera les liens avec l'Allemagne mais aussi avec les États-Unis et le Japon.

## DES PARTENARIATS SCIENTIFIQUES RENFORCÉS

La politique scientifique de l'institut en métropole s'articule autour de trois grands sites : Brest, Nantes et la région Occitanie (Montpellier, Sète, Palavas), sites à partir desquels l'institut pérennise les partenariats existants et en construit de nouveaux. Afin de favoriser cette structuration, l'Ifremer a lancé en 2018 trois appels à projets destinés aux équipes de l'institut et à leurs partenaires :

- L'appel « Politique de site » veut faire des sites de l'Ifremer des acteurs clés de la recherche dans les régions concernées, en proposant le rapprochement d'équipes de l'Ifremer avec d'autres équipes régionales. En 2018, treize projets ont ainsi été sélectionnés. C'est le cas d'une étude sur la maturité sexuelle des poissons, mollusques, etc. analysée par l'histologie quantitative. Ce projet est issu d'un partenariat entre l'unité halieutique Manche-Mer du Nord et deux équipes de l'université de Caen Normandie ;
- L'appel « Intercentres » vise à rapprocher les équipes de l'Ifremer qui travaillent sur des sites différents autour de projets communs, renforçant ainsi la dimension nationale de l'Ifremer. En 2018, onze projets de ce type ont été retenus, dont le développement d'un capteur électrochimique pour la détection de cortisol à l'état de trace (détection de l'ordre du nanogramme par litre) dans l'eau de bassins d'aquaculture ou encore la compréhension des interactions moléculaires entre la bactérie *Vibrio aesturianus* et les cellules immunitaires d'huîtres ;
- En complément, un appel à projets spécifiquement destiné aux laboratoires Environnement Ressources (LER) a été lancé afin de les accompagner dans leurs activités de recherche et contribuer à améliorer l'expertise fournie par l'institut.

## LES OUTRE-MER

L'Ifremer est présent en Polynésie Française, en Nouvelle-Calédonie, à la Réunion, en Martinique, en Guyane, et à Saint-Pierre et Miquelon. Ces territoires présentent des spécificités importantes par rapport à la métropole en terme de biodiversité ou de pratique des activités maritimes. Les différents appels à projets de l'institut permettent de développer une connaissance spécifique à ces territoires mais aussi de renforcer le positionnement de l'institut en favorisant les partenariats scientifiques. En 2018, plusieurs projets lauréats concernaient les territoires ultra-marins. C'est le cas du projet IoCT, réalisé entre l'Ifremer et l'université de La Réunion, qui porte sur le développement de stations autonomes communicantes pour l'acquisition de données marines et climatiques. C'est aussi le cas du projet Capamax qui propose d'utiliser la métatranscriptomique pour appréhender l'activité du microbiome chez le poisson platax (*Platax orbicularis*) et qui s'appuie sur un partenariat entre le centre Pacifique de l'Ifremer et le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Océan (CRIOBE) de Moorea.



PLATAX TEIRA (POISSON  
DE LA FAMILLE DES ÉPHIPPIDÉS),  
AU LARGE DES SEYHELLES  
(OCÉAN INDIEN)

© Ifremer - Marc Taquet

## L'ACCOMPAGNEMENT DES CHERCHEURS DANS LEUR MISSION

L'Ifremer met à la disposition de son personnel différents services d'accompagnement à la recherche. C'est notamment le cas des services documentaires d'appui à la recherche qui ont été restructurés en 2018. Quatre spécialistes en recherche d'information, bibliométrie et veille exploitent les publications scientifiques, les brevets, la littérature grise, la presse et les contenus web. Tenant compte des besoins définis avec le commanditaire, un état de l'art bibliographique est élaboré à partir duquel veille, calcul d'indicateurs et exploration bibliométrique via des outils de visualisation sont possibles. Des analyses thématiques, géographiques, temporelles sont ainsi fournies, ainsi que des prospectives et des études de positionnement sur les collaborations, la visibilité et l'impact. Conseils et formations sont aussi proposés sur différents sujets : *open access*, science ouverte, processus de publications, veille, bibliométrie...

Afin de donner davantage de visibilité aux travaux des chercheurs de l'institut et d'en faciliter l'accès, l'Ifremer poursuit sa politique d'ouverture de la science, inscrite de longue date dans la gestion de bases de données marines et d'une archive institutionnelle de ses publications scientifiques, Archimer. En 2018, l'Ifremer s'est de plus engagé dans le comité pour la science ouverte initié par le ministère en charge de la Recherche afin de mettre en œuvre le Plan national pour la Science ouverte décidé en juillet par la ministre, Frédérique Vidal. Ce Comité a pour mission la définition de la politique nationale de science ouverte, son développement à l'échelle nationale et internationale et la coordination de sa mise en œuvre dans les établissements et communautés scientifiques. Courant 2019, l'Ifremer doit élaborer son propre plan, en concertation avec ses partenaires.

L'institut met aussi en place un accompagnement pour les porteurs de projets européens. Une attention particulière est portée aux appels à projet du « *European Research Council* » (ERC). En 2018, quatre chercheurs de l'institut ont déposé un projet, et une bourse jeune chercheur ERC a été obtenue.

## DES NOUVELLES DES PROJETS

### « POUR LA MER, LANCEMENT D'INITIATIVES NOUVELLES » (MERLIN)

Les projets Merlin sont le fruit d'une réflexion engagée au sein de l'Ifremer pour élaborer et encourager de nouvelles initiatives fédératrices et emblématiques de l'institut, afin d'enrichir son potentiel de découvertes scientifiques.

### UN NOUVEAU SYSTÈME DE MARQUAGE DES POISSONS

Aujourd'hui des marques électroniques fixées aux poissons sont utilisées, afin d'enregistrer les données nécessaires au suivi de leurs déplacements, c'est-à-dire leur localisation et des descripteurs de leur environnement, comme la température et la pression. Ces informations sont transmises ensuite à un satellite, d'où leur nom : « pop-up satellite archival tags ». Ces marques ont contribué à mieux connaître les milieux dans lesquels migrent ou résident les poissons mais n'apportent pas d'information sur le poisson lui-même. Autre limitation des technologies actuelles : un tiers seulement des données acquises étant transmis, il est impossible de suivre l'intégralité de la trajectoire des poissons marqués. De plus, la taille relativement grande des marques et leur coût élevé (4 000 euros la marque) limitent leur utilisation.

Le projet Popstar (« *Pop-up Satellite Tag for Advancing Research in marine ecology* ») s'attaque à ces verrous et vise à mettre au point une marque plus petite et de plus faible coût, permettant de marquer un plus grand nombre d'animaux.

En 2018, de nombreuses avancées technologiques et opérationnelles ont été réalisées. En termes de développement technologique, la transmission de données via le système Iridium permet maintenant de transmettre l'équivalent d'une année de données en huit heures, le « largueur » qui détache la marque du poisson a été fiabilisé et le comportement hydrodynamique de la marque est en cours d'amélioration. Du côté du capteur physiologique, les premières versions de la puce électronique sont disponibles. Le développement du système d'électrodes souples, biocompatibles à implanter dans le corps des poissons est aussi en bonne voie et des tests de toxicité ainsi que de fatigue mécanique sont en cours.



En juin, l'équipe Popstar a réussi le déploiement de trois marques électroniques sur des thons de plus de 200 kg issus d'un même banc capturé en Méditerranée près de Malte. Deux de ces thons ont été suivis jusqu'au détroit de Gibraltar, quittant la Méditerranée en moins d'un mois. Cette expérimentation permet d'être confiant sur la faisabilité du déploiement à plus grande échelle.

#### **DÉVELOPPER LA CONNAISSANCE DE LA BIODIVERSITÉ DES GRANDS FONDS**

Mettre à profit les nouveaux outils de biologie moléculaire pour contribuer à l'évaluation de la biodiversité des grands fonds. Tel est l'objectif du projet « Pourquoi pas les Abysses ? », lancé en 2016 et s'appuyant principalement sur l'échantillonnage et l'analyse de l'ADN présent dans l'eau et les sédiments des grands fonds (« ADN environnemental »). Des méthodes et les protocoles des différentes étapes

du processus ont été validés en 2018 : collecte d'échantillons, avec un « carottier multitube » pour les sédiments, la pompe « Salsa » pour l'eau de mer et son plancton et le gratteur de substrat dur « Elfes » ; sélection de sondes génétiques permettant la caractérisation de l'ensemble des grandes lignées ; mise au point d'une suite bio-informatique permettant des inventaires standardisés et conservatifs. Les échantillons collectés dans divers océans ont déjà amélioré la connaissance de la biodiversité des grands fonds. De plus, le suivi temporel des écosystèmes a été évalué en réponse à des impacts anthropiques ainsi que la connectivité génétique des populations de certaines espèces associées aux écosystèmes les plus étudiés à ce jour (écosystèmes chimiosynthétiques, coraux froids et monts sous-marins). Le projet, soutenu par France Génomique, se développe désormais en collaboration avec les équipes du Génomoscope pour réaliser le grand volume de séquençage d'ADN et la bio-informatique associée.



VER DE LA FAMILLE DES NEREIDIDAE (POLYCHAETA)

© Ifremer - Gilles Martin

# Océanographie et dynamique des écosystèmes

## PRÉDIRE LA RÉPONSE DU BENTHOS AUX CHANGEMENTS ENVIRONNEMENTAUX

La distribution des espèces benthiques était jusqu'à présent essentiellement traitée sur un mode descriptif. Des approches complémentaires et innovantes de modélisation permettent aujourd'hui de mieux comprendre et prévoir l'effet des facteurs environnementaux et anthropiques sur la biodiversité benthique (organismes vivant près du fond marin). En effet, le cadre général de la modélisation de la dynamique des communautés benthiques prend désormais en compte des processus à différentes échelles d'organisation biologique. À l'échelle individuelle, la physiologie d'un organisme est modélisée pour évaluer sa réponse à des changements environnementaux comme la nourriture disponible et la température. Par ailleurs, les caractéristiques biogéochimiques, le substrat sédimentaire et la bathymétrie définissent les habitats préférentiels de chaque espèce et de leurs assemblages. Enfin, à l'échelle des communautés, les espèces interagissent entre elles, que cela soit sous forme de relations prédateurs-proies, de modification d'habitats, ou de compétitions pour l'espace et la nourriture. L'hydrodynamisme joue également un rôle important dans la capacité des organismes à coloniser des écorégions, et est introduit dans les modèles de populations sous forme de matrice de connectivité.

Ces modèles ont été développés et appliqués à plusieurs espèces ou écosystèmes pour répondre à des questions importantes : effet du changement climatique, dynamique d'espèce invasive, biodiversité fonctionnelle et évaluation de services écosystémiques.



ÉTOILES DE MER (*ASTERIAS RUBENS*) EN PLEINE DÉGUSTATION DE MOULES (*MYTILUS EDULIS*).

© Ifremer - O. Dugornay

Dans une première application, il a été montré que sur la zone Manche-Atlantique à l'horizon 2100, les biomasses de deux espèces de bivalves d'intérêt économique, la moule méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*) et l'huître japonaise (*Crassostrea gigas*), cultivées et présentes sur les côtes atlantiques,

augmenteraient sous l'effet de changements de température importants (scénario extrême issu des travaux du GIEC). En revanche, les populations de moule bleue (*Mytilus edulis*) verront leurs effectifs réduits dans certains secteurs géographiques.

Dans une deuxième application pour une espèce invasive, la crépidule (*Crepidula fornicata*), désormais abondante le long de la façade Manche-Atlantique européenne, un modèle de la dynamique de population intégrant des critères de colonisation montre l'importance de la compétition spatiale avec la coquille Saint-Jacques. La crépidule gêne la précédente par son occupation du fond et les simulations montrent que l'invasion du plateau ouest-européen par la crépidule a réduit d'environ 50% l'abondance des coquilles Saint-Jacques.

Enfin, ces principes de modélisation ont été appliqués pour la répartition biogéographique des principaux groupes fonctionnels de récifs australiens (coraux et éponges en particulier). Les résultats prévoient des réponses diverses de chacun de ces groupes au changement climatique d'ici cinquante ans. Certains coraux envahiraient des zones actuellement tempérées et des espèces tempérées froides, dont différents morphotypes d'éponges, connaîtraient un déclin important.

Si plusieurs de ces approches sont utilisées dans un cadre prédictif, des développements innovants ont également été publiés. La modélisation de groupes fonctionnels, regroupant des espèces partageant des caractéristiques écologiques communes, apparaît comme une approche prometteuse pour formuler des règles d'interactions génériques, et représenter de manière simplifiée la diversité biologique afin de simuler des effets cascades liées à des perturbations.

Thomas, Y. and C. Bacher, *Assessing the sensitivity of bivalve populations to global warming using an individual-based modelling approach*. *Global Change Biology*, 2018. 0(0).

Marzloff, M.P., et al., *Differential vulnerability to climate change yields novel deep-reef communities*. *Nature Climate Change*, 2018. 8(10): p. 873-878.

Ménesguen, A., A. Hachet, and T. Grégoris, *Modelling benthic invasion by the colonial gastropod *Crepidula fornicata* and its competition with the bivalve *Pecten maximus*. 2. Coupling the oD model of colony-forming species to a connectivity matrix for a realistic distributed simulation of benthic invasion*. *Ecological Modelling*, 2018. 375: p. 30-44.

Ménesguen, A. and T. Grégoris, *Modelling benthic invasion by the colonial gastropod *Crepidula fornicata* and its competition with the bivalve *Pecten maximus*. 1. A new oD model for population dynamics of colony-forming species*. *Ecological Modelling*, 2018. 368: p. 277-287.

Alexandridis, N., et al., *Individual-based simulation of the spatial and temporal dynamics of macroinvertebrate functional groups provides insights into benthic community assembly mechanisms*. *PeerJ*, 2018. 6: p. e5038.

## VERS UNE ACCÉLÉRATION DES CHANGEMENTS EN ARCTIQUE EN RAISON DE L'INFLUENCE DES VAGUES

**INTERVIEW DE PETER SUTHERLAND DE L'IFREMER -  
LABORATOIRE D'OcéANOGRAPHIE PHYSIQUE  
ET SPATIALE - À PROPOS DU PROJET ERC WAVE-  
MODULATED ARCTIC AIR-SEA EXCHANGES  
AND TURBULENCE (WAAXT).**



**VOUS AVEZ OBTENU EN 2018 UNE BOURSE DU CONSEIL EUROPÉEN  
DE LA RECHERCHE (ERC) : QUEL EST L'OBJECTIF DE VOTRE PROJET ?**

L'océan Arctique est lié au climat des moyennes latitudes par des interactions complexes, et la banquise arctique est à la fois un indicateur et un modulateur des changements climatiques globaux. L'étendue de la banquise arctique a diminué de 3 millions de km<sup>2</sup> depuis le début des enregistrements satellitaires en 1979 soit une réduction de 40% de sa surface. C'est une surface de l'ordre de grandeur de celle de la mer Méditerranée! Cela veut dire que, dans les étés et automnes récents, il y a effectivement une nouvelle « mer saisonnière », sans glace dans l'Arctique.

Une des différences les plus notables entre la mer libre et la mer couverte par la banquise, est que des vagues peuvent se développer dans la mer libre. C'est important, parce que nous savons que les vagues et la turbulence associée aux vagues contrôlent très fortement les échanges d'énergie et de gaz entre l'atmosphère et l'océan.

En conséquence, la présence de vagues dans des zones nouvelles de l'océan Arctique implique des rétroactions complexes, qui peuvent augmenter ou réduire la vitesse de la diminution future de la banquise. Mon projet vise à étudier les processus physiques associés à ces rétroactions.

#### QUELLE APPROCHE INNOVANTE PROPOSEZ-VOUS?

Un défi particulier associé aux interactions vagues-turbulence-banquise, c'est l'éventail des échelles des processus physiques impliqués : du millimètre à des centaines de kilomètres. Waaxt est conçu pour mesurer les structures et variabilités spatiales de ces processus. Pour ce faire, nous allons utiliser de la télédétection spatiale et aérienne, des mesures *in situ* à partir de bouées, canoës, navires, et plusieurs petits véhicules autonomes sous-marins (AUV). Les AUV sont un outil clé pour mesurer la turbulence issue des vagues : leur petite taille va permettre de se rapprocher au plus près de la surface de banquise et de la mer et leur large portée rend accessible une aire croissante de la marge de la glace.

À cause de la complexité et de la nouveauté du plan expérimental, le projet Waaxt commence dans un laboratoire naturel, sur l'estuaire du Saint-Laurent, que nous avons développé avec nos partenaires de l'université du Québec à Rimouski. Lorsque notre capacité technique et scientifique sera au point, nous déplacerons les expériences vers de plus grands espaces dans l'océan Arctique.



LA BANQUISE EN ÉTÉ  
© Ifremer - ARK XIX/3

#### QUELS SONT LES ATOUTS DE L'IFREMER POUR MENER À BIEN CE PROJET ?

Le laboratoire d'océanographie physique et spatiale (LOPS – Unité mixte de recherche UBO, CNRS, IRD et Ifremer) est très bien placé pour héberger Waaxt grâce à la quantité et à la diversité de son expertise. Le LOPS a des décennies d'expérience sur la télédétection satellitaire de la glace de mer et des vagues, l'équipe de modélisation des vagues est l'une des meilleures au monde et l'Ifremer a un excellent groupe technique pour le développement d'instrumentation marine. Par ailleurs, le LOPS étend son expertise en océanographie arctique et l'Ifremer développe une capacité de télédétection aérienne. Enfin, l'Ifremer me donne la liberté de mener ces recherches sur des questions océanographiques d'intérêt.

Sutherland Peter, Dumont Dany (2018). *Marginal ice zone thickness and extent due to wave radiation stress*. Journal Of Physical Oceanography , 48(8), 1885-1901 . <https://doi.org/10.1175/JPO-D-17-0167.1>

Sutherland Peter, Brozena John, Rogers W. Erick, Doble Martin, Wadhams Peter (2018). *Airborne Remote Sensing of Wave Propagation in the Marginal Ice Zone* . Journal Of Geophysical Research-oceans , 123(6), 4132-4152 . Publisher's official version : <https://doi.org/10.1029/2018JC013785>

## ALGUES TOXIQUES DANS LES LAGUNES MÉDITERRANÉENNES

Les efflorescences (« blooms ») de phytoplancton nuisible et/ou toxique touchent depuis très longtemps les écosystèmes marins. Ces blooms ont un effet néfaste sur les écosystèmes et l'exploitation de leurs ressources. Ainsi, les lagunes du Languedoc-Roussillon sont touchées depuis plusieurs décennies. Or, en plus des genres *Dinophysis* (producteurs de toxines diarrhéiques) et *Alexandrium* (toxines paralysantes) associés à des risques sanitaires, *Vulcanodinium rugosum* a été identifiée en 2011 dans la lagune d'Ingril. Cette espèce émergente est productrice de pinnatoxines (neurotoxines). Les résultats de plusieurs études ont mis en évidence le caractère thermophile (se développe dans les eaux chaudes) et euryhalin (supporte de fortes variations de salinité de l'eau de mer) de cette microalgue avec des plages de croissance comprises entre 20 et 30°C. Sa capacité à croître à partir d'une source azotée organique (urée) a également été observée *in vitro*. Le cycle de vie de *V. rugosum* n'a pu être élucidé que partiellement. Les kystes temporaires apparaissent comme des stades très importants à prendre en considération en raison de leur capacité à se diviser et de leur forte abondance sur les macrophytes.

Son expansion à plusieurs lagunes du Languedoc-Roussillon a été confirmée par la mise en évidence de la contamination des moules par « la pinnatoxine G ». La survie de *V. rugosum* dans le système digestif des moules et des huîtres indique que le transfert de coquillages entre zones d'élevage peut être une source de contamination vers des écosystèmes non encore touchés par cette espèce toxique.



IDENTIFIÉE POUR LA PREMIÈRE FOIS DANS UNE LAGUNE MÉDITERRANÉENNE EN 2011, LA MICRO-ALGUE *VULCANODINIUM RUGOSUM* A LA PARTICULARITÉ DE PRODUIRE DES NEUROTOXINES. © Ifremer - O. Dugornay

Au-delà des aspects sanitaires pour l'homme, la toxicité de la pinnatoxine G est en cours d'évaluation. De nouveaux projets de recherche viennent de débiter pour mettre en évidence les impacts de cette neurotoxine sur les premiers maillons de la chaîne trophique (mészo-zooplankton) dans les lagunes de Thau et d'Ingril. Ces projets devraient permettre de déterminer l'action de cette toxine sur les différents maillons, sa bioaccumulation et donc son impact sur les services écosystémiques et sur l'homme.

Abadie Eric, Chiantella Claude, Crottier Anais, Rhodes Lesley, Masseret Estelle, Berteaux Tom, Laabir Mohamed (2018). *What are the main environmental factors driving the development of the neurotoxic dinoflagellate Vulcanodinium rugosum in a Mediterranean ecosystem (Ingril lagoon, France)?* Harmful Algae, 75, 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.03.012>

## DYNAMIQUE DES SÉDIMENTS DANS L'ESTUAIRE DE LA SEINE

Les estuaires représentent des zones très dynamiques à l'interface entre continents et océans. Les fleuves apportent une grande quantité de sédiments et de nutriments dans les mers côtières faisant ainsi des estuaires les habitats parmi les plus dynamiques

et productifs au monde. Cependant, ces écosystèmes, déjà fortement anthropisés, sont très vulnérables aux pressions humaines (aménagements, dragages, rejets) et climatiques (tempêtes, crues/étiages sévères). De nombreux estuaires sont caractérisés par un « bouchon vaseux », traduisant une zone d'accumulation de sédiments en suspension, qui influence les transferts sédimentaires le long du continuum terre-mer ainsi que les processus biogéochimiques. Toutefois, l'impact des conditions hydrométéorologiques (courants de marée, vagues, débit des fleuves) sur cette dynamique sédimentaire est mal connue. Ainsi, une étude basée sur des mesures *in situ* et une modélisation numérique réaliste de l'estuaire de la Seine a été réalisée dans le cadre du programme de recherche Seine Aval.



VUE SATELLITE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE.  
© CNES - Spot-image 1999

Les résultats du modèle hydro-sédimentaire MARS-Mustang, développé à l'Ifremer, quantifient la contribution de la marée, des vagues et du débit des fleuves sur la dynamique estuarienne. Ainsi, par faible marnage, ce modèle montre que la stratification haline contribue à faire remonter le bouchon vaseux vers l'amont de 10 km. L'augmentation significative des concentrations en sédiments dans le bouchon vaseux est corrélée à l'intensité des vagues à l'embouchure. La simulation de scénarios hydrométéorologiques contrastés (années sèche, humide et tempétueuse) révèle la forte modulation des flux et des stocks sédimentaires selon les conditions hydrologiques et météorologiques. Ainsi l'export de sédiment vers la mer côtière est renforcé lors des périodes de tempêtes, associé à une perte de sédiment de l'estuaire. Ces travaux améliorent significativement notre compréhension du fonctionnement biogéochimique et écologique des écosystèmes estuariens.



Grasso, F., Verney, R., Le Hir, P., Thouvenin, B., Schulz, E., Kervella, Y., Khojasteh Pour Fard, I., Garnier, V. (2018). *Suspended sediment dynamics in the macrotidal Seine Estuary (France): 1. Numerical modeling of turbidity maximum dynamics*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 123, 558–577. <https://doi.org/10.1002/2017JC013185>

Schulz, E., Grasso, F., Le Hir, P., Verney, R., & Thouvenin, B. (2018). *Suspended sediment dynamics in the macrotidal Seine Estuary (France): 2. Numerical modeling of sediment fluxes and budgets under typical hydrological and meteorological conditions*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 123. <https://doi.org/10.1002/2016JC012638>

## SAINT-PIERRE ET MIQUELON : UN ENVIRONNEMENT MARIN CÔTIER UNIQUE

L'archipel de Saint-Pierre et Miquelon, a fait l'objet d'une étude de son environnement côtier menée par l'Ifremer, avec le soutien de la collectivité territoriale, dans le but de développer la culture du pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) en rade de Miquelon. Cette étude a mis en évidence des oscillations de la température à proximité du fond d'une amplitude inédite et parmi les plus élevées au monde sur un plateau continental. Au plus fort de l'été, des variations de 2°C à 12°C au cours de la même journée sont mesurées entre 30 et 60 mètres de profondeur.

En analysant de nombreuses mesures de courants marins et de températures autour de l'archipel, il a été démontré que ces oscillations résultent d'une amplification des courants de marée diurnes, alors que les variations du niveau marin sont semi-diurnes (deux marées hautes et basses par jour). La bathymétrie accidentée des Grands Bancs de Terre-Neuve et la stratification estivale influencent fortement l'onde de marée. Les observations, en cohérence avec ces modèles, montrent que ces oscillations de température sont maximales près du fond, qu'elles sont piégées autour de l'archipel, et se propagent en tournant autour dans le sens des aiguilles d'une montre. À la lumière de cette découverte, une campagne pluridisciplinaire s'est déroulée durant l'été 2017 pour évaluer les conséquences de cette variabilité environnementale sur les différents compartiments des écosystèmes benthiques (sur le fond) et pélagiques (dans la colonne d'eau). Plusieurs thèses sont en cours pour décrire et comprendre la physique et la réponse de ces écosystèmes à une variabilité qui s'étend de la journée jusqu'aux échelles du changement climatique.

Lazure Pascal, Le Cann Bernard, Bezaud Marion (2018). *Large diurnal bottom temperature oscillations around the Saint Pierre and Miquelon archipelago*. Scientific Reports, 8(1), 13882 (12p.). Publisher's official version: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31857-w>

## PÉNÉTRATION DU CARBONE D'ORIGINE ANTHROPIQUE DANS LES COUCHES PROFONDES DE L'OcéAN

L'eau de surface se charge en dioxyde de carbone - CO<sub>2</sub> - suite à l'accumulation dans l'atmosphère des rejets d'origine anthropique. À l'échelle du globe, l'océan stocke environ 25% du carbone émis par les activités humaines, jouant ainsi un rôle d'atténuateur du changement climatique avec une conséquence néfaste : l'acidification de l'océan. La nouvelle série de mesures issues des campagnes Ovide montre que les concentrations de dioxyde de carbone dissous augmentent à des profondeurs de plus en plus élevées, jusqu'à 1 500 mètres en 2016 à l'Est du Groenland. Cet approfondissement du signal d'acidification pourrait avoir des conséquences néfastes pour les organismes carbonatés profonds, comme les coraux d'eaux froides présents sur toute la façade atlantique européenne. Pourtant, les modèles climatiques prévoient un ralentissement significatif du renouvellement des eaux profondes d'ici 2100, ce qui devrait limiter la pénétration du CO<sub>2</sub> anthropique en profondeur, mais également ralentir l'effet tampon de l'Atlantique Nord sur l'augmentation de ce CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. En comparant un de ces modèles climatiques avec les observations, les progrès qui restent à faire sur le réalisme de la circulation océanique en Atlantique Nord dans ce modèle sont mis en évidence.

Cependant, il est admis par les scientifiques que les mécanismes responsables du stockage du CO<sub>2</sub> anthropique dans la région subpolaire semblent bien reproduits. Ainsi, dans le scénario où les émissions anthropiques restent au niveau actuel, il a été montré qu'à échéance de la fin du siècle, l'Atlantique subpolaire continuerait à se comporter comme un puits de CO<sub>2</sub> anthropique, même si des fluctuations importantes aux échelles interannuelles à décennales peuvent occasionner des exceptions.

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: <https://doi.org/10.1038/nature25493>, Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00426/53783/>

Racape Virginie, Zunino Patricia, Mercier Herle, Lherminier Pascale, Bopp Laurent, Perez Fiz F, Gehlen Marion (2018). *Transport and storage of anthropogenic C in the North Atlantic Subpolar Ocean*. Biogeosciences, 15(14), 4661-4682. Publisher's official version: <https://doi.org/10.5194/bg-15-4661-2018>, Open Access version: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00454/56587/>

# LES RESSOURCES VIVANTES ET LEUR ENVIRONNEMENT

## UN OCÉAN SOUS PRESSION, MAIS ÉGALEMENT PROMESSE D'AVENIR

L'océan est un système dynamique soumis à une forte variabilité impliquant en particulier des pressions d'origine anthropique (exploitation des ressources vivantes, rejets de contaminants, aménagements côtiers, changements globaux, ...) ayant fortement augmenté aux cours des dernières décennies. Elles ont généré des évolutions majeures dans les écosystèmes marins et dans les usages qui en dépendent, en particulier en zone côtière.

Ainsi, dans le domaine marin, réconcilier les objectifs de conservation de la biodiversité, de sécurité alimentaire, et de développement économique et social des pêcheries et des activités aquacoles constitue un défi majeur, dans un contexte de croissance démographique, de changements climatiques et de transition écologique.

Les activités d'exploitation des ressources biologiques marines s'exerçant au sein de systèmes dynamiques complexes, les travaux scientifiques de l'institut visent à identifier les déterminants des trajectoires du développement durable de la pêche et de l'aquaculture. Ces recherches visent également à élucider les effets combinés des phénomènes multi-échelles qui contraignent dynamiquement ces trajectoires (altération de la biodiversité marine, dégradation de la qualité chimique des eaux, changement climatique, mondialisation du commerce des

produits de la mer, concurrence croissante pour les ressources et/ou l'espace, résilience des systèmes de production, évolutions de la gouvernance, ...).

L'océan, bien qu'aujourd'hui soumis à de multiples pressions, reste un pourvoyeur essentiel en terme d'alimentation au plan mondial. Par ailleurs, il représente 70% de la biosphère, mais seulement 300 000 espèces marines ont été recensées sur les 1,8 millions connues actuellement sur la planète. Ces ressources biologiques inconnues constituent une nouvelle frontière ; elles pourraient bien être les principales sources de nouvelles molécules des prochaines décennies.

## CONNAISSANCES ET APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES, UN PAS DE DEUX INDISPENSABLE POUR UNE PÊCHE DURABLE

L'Ifremer collecte, génère, rassemble, met en cohérence et partage des données par l'intermédiaire d'un système d'informations halieutiques (SIH), réseau d'observation des ressources halieutiques et des usages associés. Grâce à la mise en œuvre d'une diversité de dispositifs de collecte de données intégrant des campagnes à la mer et du développement de travaux scientifiques, l'institut a pour préoccupation première d'appréhender le « socio-écosystème halieutique » dans toutes ses composantes biologiques, environnementales, techniques et socio-économiques, et de couvrir l'ensemble de la flotte de pêche, dans



sa diversité, et sur l'ensemble des façades maritimes de métropole et des régions outre-mer. Les données ainsi recueillies et bancarisées sont accessibles aux services de l'État, à la communauté scientifique et d'une manière générale à la société civile.

L'Ifremer utilise en particulier pour cela une approche écosystémique visant à concilier la conservation et l'exploitation des ressources halieutiques et de leurs habitats. Le niveau d'exploitation doit permettre la création de richesses pour le maintien d'une activité économique au sein des territoires. Il s'agit bien d'un enjeu de viabilité des pêcheries, qui donne une orientation stratégique de long terme, incarnée dans l'Union européenne par la Politique commune de la pêche (PCP).

Fort de séries de données dont certaines ont aujourd'hui plus de trente ans, l'Ifremer mène des recherches dans le domaine de l'halieutique au service des attentes sociétales et fournit les connaissances indispensables pour asseoir des diagnostics sur l'état des stocks et des pêcheries.



BATEAU DE PÊCHE EN RADE DE BREST

© Ifremer - O. Dugornay

Les scientifiques de l'Ifremer contribuent à la définition de la réglementation relative à la collecte de données en participant activement aux instances scientifiques européennes. Cet engagement historique permet à l'institut de mettre à disposition des pouvoirs publics, une expertise pluridisciplinaire permettant de répondre aux enjeux sociaux, économiques et environnementaux autour des pêches maritimes.

La gestion des pêcheries françaises dépend de la PCP. Elle s'est forgée sur la base des connaissances halieutiques disponibles, avec pour objectif d'adapter les capacités de captures déployées par les pêcheurs au potentiel biologique des ressources, pour une exploitation durable des stocks. La dernière réforme de la PCP est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2014. Elle réaffirme la nécessité de disposer des meilleurs avis scientifiques disponibles pour la gestion des pêches, afin de garantir, en particulier, une exploitation des stocks halieutiques au rendement maximum durable (RMD). La collecte de données scientifiques est encadrée par le règlement *Data Collection Framework* (DCF). En France, son application est coordonnée par la direction des Pêches maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) et mise en œuvre par un consortium de huit établissements publics. L'Ifremer en est le principal contributeur.

## UN PARTENARIAT ENTRE SCIENTIFIQUES ET PROFESSIONNELS DE LA PÊCHE POUR MIEUX CONNAÎTRE LES STOCKS DE SOLES EN MANCHE

Le projet SMAC (Sole de Manche Est : amélioration des connaissances pour une meilleure gestion du stock), rassemble des scientifiques de l'institut, de l'Agrocampus Ouest (Rennes) et de l'UMR Borea<sup>5</sup> (Paris), trois organisations de producteurs (From Nord, Coopérative maritime étaploise et l'Organisation des pêcheurs normands) et enfin les deux comités des pêches des Hauts-de-France et de Normandie, pour une durée de quatre ans (2015-2019).

Un premier axe de travail a concerné la dynamique spatio-temporelle de l'exploitation de la sole de Manche Est, mettant en évidence des spécificités régionales dans la pêche au filet trémail - engin de pêche majoritaire en Manche-. L'analyse des données a notamment mis en évidence que les soles de grande taille sont ainsi plus fréquentes dans les captures en Normandie, ce qui s'explique à la fois par les engins utilisés, les pratiques de pêche, mais aussi les dynamiques de croissance des soles en lien avec des conditions environnementales contrastées.

<sup>5</sup> L'unité mixte de recherche (UMR) biologie des organismes et écosystèmes aquatiques (Borea) réunit le MNHN, le CNRS, Sorbonne Université, l'IRD, l'Université de Caen et l'Université des Antilles.

La dynamique spatio-temporelle du recrutement biologique (le terme recrutement dérive de recrue : nouveau membre d'un groupe) a également été étudiée, avec un suivi du recrutement sur trois nourriceries à bord de bateaux de pêche côtière.

Une campagne océanographique a également permis d'actualiser la cartographie des zones de frayère et de caractériser les habitats des larves.

Enfin, le dernier axe a porté sur la structuration spatiale et les échanges (connectivité) entre des populations de soles en Manche - Mer du Nord. L'utilisation combinée de plusieurs types de « traceurs » : traits d'histoire de vie, forme et micro-chimie des otolithes et marquage conventionnel a mis en évidence une structuration du stock de Manche Est en trois sous-unités (Normandie, Nord Normandie/Hauts de France et Royaume-Uni) entre lesquels les échanges d'adultes semblent faibles.

L'intégration des connaissances acquises dans les modèles de dynamique de populations prend davantage en compte la biologie de ce poisson : différents scénarios de gestion seront testés sur le stock de sole de Manche Est et sur les flottilles qui en font l'exploitation.

Du Pontavice Hubert, Randon Marine, Lehuta Sigrid, Vermard Youen, Savina-Rolland Marie (2018). *Investigating spatial heterogeneity of von Bertalanffy growth parameters to inform the stock structuration of common sole, Solea solea, in the Eastern English Channel*. Fisheries Research, 207, 28-36 . <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.05.009>



LARVE DE SOLE ÉLEVÉE  
AU CENTRE IFREMER DE BRETAGNE  
© Ifremer - O. Dugornay

## MICRO-ALGUES MARINES DES ANTIPODES : DES POTENTIALITÉS MULTIPLES

Le projet Amical (Aquaculture microalgue en Nouvelle-Calédonie), initié en 2013, en partenariat avec l'Ifremer et l'Adecal Technopole de Nouvelle-Calédonie a pour objectif de favoriser l'émergence d'une filière de production aquacole à partir de micro-algues collectées localement.

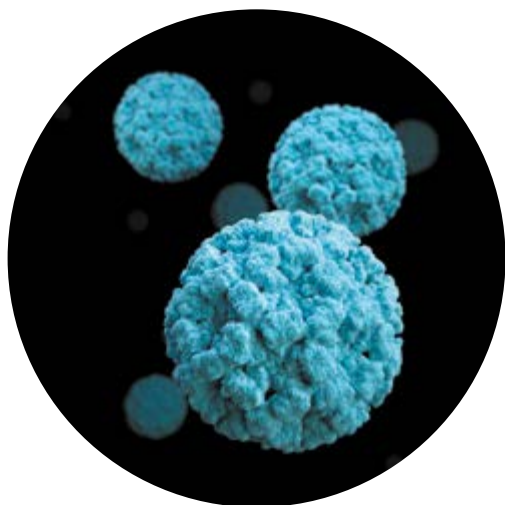
Après une période de bio-prospection jusqu'en 2017, une souchothèque de 45 espèces a été constituée. Ces espèces ont été sélectionnées en raison de leur taux de croissance élevé, car elles sont destinées à une filière de production de biomasse. Ces espèces sont représentatives de l'écosystème singulier de la Nouvelle-Calédonie qui est caractérisé notamment par une exposition importante aux rayons ultra-violets. Localement de nombreux végétaux, y compris les micro-algues, ont développé des mécanismes de protection qui pourraient être valorisés par bio-mimétisme dans les industries cosmétique et pharmaceutique en particulier pour les brûlures et crèmes solaires.

Des travaux en cours portent également sur les propriétés anti-oxydantes de certaines espèces de la souchothèque. Des résultats encourageants en nutrition ont été obtenus en testant l'alimentation d'un élevage larvaire de la crevette *Litopenaeus stylirostris* par une souche de micro-algue et des études sont également menées sur le rôle nutritionnel des micro-algues dans la reproduction de cette crevette. Plusieurs autres pistes de valorisation sont aussi en cours d'évaluation : recherche de molécules bioactives à intérêt agronomique avec l'institut agronomique calédonien (IAC) et le CNRS, prévention des maladies cardio-métaboliques en collaboration avec un laboratoire privé, et étude des molécules photo-protectrices.

## LES NOUVELLES TECHNIQUES DE SÉQUENÇAGE AU SERVICE DE LA CHASSE AUX VIRUS ENTÉRIQUES D'ORIGINE HUMAINE

Le projet européen H2020 Compare (*Collaborative management platform for detection and analysis of (re-)emerging and foodborne outbreaks in Europe*), est pluridisciplinaire.

Il vise à développer des outils novateurs pour la collecte et l'analyse de données basée sur le séquençage génomique de micro-organismes pathogènes pour l'homme ou les animaux. L'Ifremer contribue à l'analyse des bactéries appartenant au genre *Campylobacter* et au développement de méthodes pour la caractérisation de virus entériques humains dans les eaux ou les coquillages. Ces bactéries et virus peuvent être responsables de gastro-entérites chez l'homme après consommation de coquillages contaminés.



NOROVIRUS OBSERVÉS  
AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE.  
© CDC/ Jessica A. Allen

Les virus entériques humains étant constitués d'une capsid de petite taille (variable de 25 à 70 nanomètres) protégeant un génome à ARN court (environ 7 000 bases), un travail préliminaire de préparation de l'échantillon est nécessaire pour parvenir à détecter ces virus par une approche méta-génomique dans les échantillons de l'environnement. Dans le cadre de ce projet, un pipeline bio-informatique (groupes de logiciels exécutés en série) permettant l'assemblage préférentiel des génomes viraux a été développé (Erasmus Medical University, Rotterdam). Cette approche a permis la détection de génomes complets de virus connus (norovirus, astrovirus ou encore rotavirus), mais également de génomes proches de génomes trouvés chez l'homme, mais non encore identifiés comme appartenant à des espèces virales connues.

Une des applications de ces nouveaux outils est d'analyser pourquoi et comment des huîtres creuses immergées dans de l'eau de mer contaminée par des eaux usées vont capter spécifiquement certains virus entériques humains. Des développements

sont encore nécessaires mais, à terme, ces outils pourraient permettre d'éviter la mise sur le marché de coquillages contaminés afin de protéger le consommateur.

Bosch Albert, Gkogka Elissavet, Le Guyader Soizick, Loisy-Hamon Fabienne, Lee Alvin, Van Lieshout Lilou, Marthi Balkumar, Myrmet Mette, Sansom Annette, Schultz Anna Charlotte, Winkler Anett, Zuber Sophie, Phister Trevor (2018). *Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing*. International Journal Of Food Microbiology , 285, 110-128 . <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.001>

## SCIENCE EN SOCIÉTÉ

### POUR UNE PISCICULTURE MARINE COMPÉTITIVE ET DURABLE EN MÉDITERRANÉE

MedAID (*Mediterranean Aquaculture Integrated Development*) est un projet H2020 qui vise à améliorer la compétitivité et la durabilité de la pisciculture marine méditerranéenne en se concentrant sur deux espèces de poisson : le bar et la daurade. Le projet intègre l'ensemble des dimensions de cette activité : zootechnie, écologie, génétique, nutrition, santé, économie et gouvernance.

Dans la mesure où la pisciculture marine entre en compétition pour l'utilisation de ressources et de l'espace avec d'autres usages des milieux côtiers et marins, il est nécessaire de comprendre les interactions sociales avec d'autres acteurs. L'Ifremer anime un groupe de travail dédié à « l'acceptabilité » sociale en lien avec la gouvernance de l'aquaculture. L'objectif est de mieux comprendre les goulots d'étranglement de dimension sociale qui contribuent à la stagnation du développement de l'aquaculture ; d'accompagner le développement durable de ce secteur en Méditerranée par des recommandations et des guides de bonnes pratiques et enfin, de tester des protocoles participatifs améliorant l'acceptabilité sociale de la pisciculture marine.

Des travaux sont menés pour l'organisation d'ateliers avec les parties prenantes, accompagnés d'une enquête pour mieux comprendre les facteurs qui déterminent l'acceptabilité sociale. Les résultats d'un premier atelier, organisé en août 2018 vont contribuer à l'élaboration d'un guide pour améliorer l'acceptabilité du développement durable de l'aquaculture en Méditerranée.

**FICHE SYNTHÉTIQUE DU PROJET :**

- Improving the technical performance of the Mediterranean aquaculture Specific Challenge
- Démarrage : mai 2017 – durée : 4 ans
- Budget total : 7 millions d'euros
- Coordinateurs du projet : Bernardo Basurco Instituto Agroconómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ) et Dolores Furones Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA)



LARVE DE BAR, ÉLEVÉE À L'IFREMER,  
AGÉE DE 10 JOURS, MESURANT ENVIRON 2 À 3 MM  
© Ifremer - O. Dugornay

# RESSOURCES ET ÉCOSYSTÈMES DES GRANDS FONDS OCÉANIQUES

L'océan recèle des richesses vivantes, minières ou énergétiques qui vont contribuer aux solutions des grands défis de demain : alimentation, santé, matières premières, énergie. Un de ces défis est la transition énergétique qui vise à diminuer la part des énergies fossiles au profit d'énergies renouvelables et moins polluantes. L'océan contribuera à relever ce défi via le développement croissant de systèmes de production adaptés du terrestre au marin comme les éoliennes (posées sur le fond ou flottantes) ou spécifiques au domaine marin. Les travaux réalisés à l'Ifremer sur ce sujet portent à la fois sur les énergies d'aujourd'hui, de demain et d'après-demain.

En parallèle, les résultats des campagnes océanographiques apportent des connaissances inédites sur les environnements des grands fonds. Une meilleure compréhension de leur fonctionnement ouvre la voie à des solutions nouvelles et à d'autres défis : la compréhension des changements climatiques illustrée par la migration des moussons il y a 400 000 ans, la modélisation des aléas sous-marins, les futurs médicaments ou traitements médicaux inspirés de l'adaptation des organismes aux conditions extrêmes des grands fonds.

## L'OCÉAN ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

### ÉNERGIE D'AUJOURD'HUI : SÉCURISER LA PRODUCTION D'ÉNERGIE FOSSILE

Comme à terre, les réserves en énergie fossile de l'océan s'amenuisent. Les nouvelles découvertes concernent des gisements plus difficiles à trouver

et à exploiter. Ainsi, des sédiments marins gelés piègent du gaz sous forme solide et constitueraient des réserves potentielles par plus de 500 mètres de profondeur. Leur dégel libère de gros volumes de gaz avec des risques de glissements de terrain.

Explorer et comprendre la dynamique des hydrates de gaz<sup>6</sup> dans les sédiments marins et leur impact sur la stabilité des fonds relèvent des objectifs du projet GHASS, lancé en 2015 en mer Noire. L'équipe de recherche a exploité et analysé un jeu de données très varié : acoustique sur toute la hauteur de la colonne d'eau, bathymétrie, sismique réflexion en haute et très haute résolution, géotechnique, sédimentologie par carottage, géochimie des hydrates et des eaux interstitielles.

La pluridisciplinarité de l'équipe a permis de démontrer qu'une partie des hydrates de méthane, détectés en mer Noire sont en cours de fonte et d'en expliquer les causes. L'histoire géologique de cette mer est rythmée par des apports d'eau douce par les fleuves et par des cycles de connexion/déconnexion avec la mer Méditerranée via le détroit du Bosphore. Les variations de salinité des eaux se propagent dans les sédiments. Ces processus de salinisation des sédiments sont à l'origine de la réduction de la zone de stabilité des hydrates de gaz et entraînent leur déstabilisation sur la pente continentale (entre 650 et 750 mètres de profondeur d'eau). Cette déstabilisation, documentée pour la première fois au monde, pourrait conduire

<sup>6</sup> Glace constituée de gaz et d'eau stable sous faible température et forte pression.

à des risques actuels d'effondrement gravitaire des fonds marins proches de ces zones actives. Elle pose aussi des interrogations sur le devenir du méthane relâché dans la mer. Ces thématiques seront abordées spécifiquement dans la suite de ce projet avec des acquisitions dédiées durant la prochaine mission océanographique GHASS2.

Riboulot, V., Ker, S., Sultan, N., Thomas, Y., Marsset, B., Scalabrin, C., Ruffine, L., Boulart, C., Ion, G., 2018. *Freshwater lake to salt-water sea causing widespread hydrate dissociation in the Black Sea*. *Nature Communications* 9, 117.

### ÉNERGIE DE DEMAIN : LES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

Les parcs éoliens terrestres installés représentent 15 gigawatts (GW) avec un objectif de croissance soutenue. Au plan national, la programmation pluriannuelle de l'énergie vise une contribution progressive de l'éolien en mer avec un objectif de 5 gigawatts installés d'ici dix ans, soit de 4 à 5% de la puissance de l'ensemble des énergies renouvelables françaises. L'énergie éolienne marine posée ou flottante est l'activité à la plus forte croissance pour l'économie bleue européenne. Le vent en mer présente l'avantage d'être plus stable qu'à terre avec également moins d'impact visuel sur le paysage pour les parcs éloignés des côtes comme pour l'éolien flottant (voir aussi Eolink et le projet Rotor au chapitre suivant). Le domaine marin contribue aussi de façon originale aux énergies renouvelables avec des ressources propres à l'océan : le courant de marée pour les hydroliennes, la houle et les vagues pour les systèmes houlomoteur (voir le projet BLUE FINS et ceux de la société GEPS-Techno), la différence de température entre les eaux de surface et celles en profondeur pour l'énergie thermique des mers.

Les hydroliennes font l'objet de nombreux projets innovants autant pour des systèmes nouveaux comme les membranes ondulantes d'Eel Energy qu'accompagne l'Ifremer que pour les hydroliennes à axes horizontaux ou verticaux. Ainsi, le projet MegaWattBlue® consiste à réaliser un démonstrateur d'hydrolienne à haut rendement et de le tester dans un milieu naturel. Soutenu par la Région Bretagne et labellisé au Pôle Mer Bretagne Atlantique, il réunit trois partenaires : l'Ifremer, l'ENSTA Bretagne, et la société Guinard Énergies. Ce démonstrateur consiste en une tuyère accélératrice de l'écoulement qui double la puissance extractible et qui s'oriente naturellement dans le sens du courant. Ces deux principales innovations confèrent au projet un potentiel intéressant : dimension réduite, sites variés (y compris sur des fleuves) proches des consommateurs.

L'Ifremer procède à des séries de mesures *in situ* de courants marins afin de déterminer la répartition de leurs vitesses dans la tranche d'eau, l'énergie cinétique qui en découle et les perturbations naturelles caractérisées par la turbulence. La zone d'essais dans la rivière d'Étel est abritée de la houle et permet une analyse précise des effets du courant. D'abord acquises en l'absence de l'hydrolienne, ces mesures de courants seront réitérées en sa présence, afin d'en connaître précisément la production énergétique et les effets de sillage. Des mesures acoustiques conduites en période de vives-eaux permettront de discerner les effets de la turbine de ceux du bruit ambiant. Enfin, l'examen d'échantillons-témoins de peintures, déployés durant deux ans, permet d'analyser la croissance de la bio-colonisation dans l'environnement du site et les possibles effets sur les performances de l'hydrolienne.

Doisenbant, G., Le Boulluec, M., Scolan, Y-M., Guyot, M. 2018. *Numerical and experimental modeling of offshore wind energy capture: application to reduced scale model testing*. *Wind Engineering* 42, 108-114 Special Issue 10.1177/0309524X18756967



IMMERSION DE L'HYDROLIENNE P154 AU FOND DE LA RIA D'ETEL (MORBIHAN). CONÇUE PAR L'ENTREPRISE GUINARD ENERGIES, CE DÉMONSTRATEUR DE 20 KW A ÉTÉ DÉVELOPPÉ DANS LE CADRE DU PROJET MEGAWATT BLUE AVEC L'APPUI TECHNOLOGIQUE DE L'IFREMER.

© Ifremer - O. Dugornay



**ENTRETIEN AVEC MARC GUYOT – PDG D'EOLINK**

© Ifremer - O. Dugornay

**LA JEUNE PME EOLINK DÉVELOPPE UN CONCEPT D'ÉOLIENNE FLOTTANTE, QUELLES SONT SES CARACTÉRISTIQUES INNOVANTES ?**

Eolink tire parti du support flottant qui est mobile pour repenser l'architecture des éoliennes et de leur mât. L'éolienne Eolink s'aligne face au vent comme un bateau au mouillage. Cela permet de déployer une structure pyramidale plus compacte, rigide et légère.

**COMMENT A COMMENCÉ LA COLLABORATION AVEC L'IFREMER ET QUELS FURENT LES ENSEIGNEMENTS ?**

La collaboration avec l'Ifremer a débuté en 2016 par une campagne d'essais sur modèle réduit à échelle 1/50 dans le bassin du centre de Bretagne menée dans le cadre d'un projet ANR de France Énergies marines. Nous avons pu démontrer expérimentalement que les vagues de travers ne perturbent pas le bon alignement face au vent, qu'obtenir 12 mégawatts (MW) avec des vents de 10-11 mètres par seconde avec un flotteur de 66 mètres de longueur est réaliste et enfin que les mouvements de la structure flottante durant une tempête sont faibles. Par ailleurs, la bonne compréhension du comportement dynamique a pu être confirmée et nos modèles numériques, construits en interne, validés.

**POURQUOI DES ESSAIS EN MER D'UN NOUVEAU PROTOTYPE, CETTE FOIS À UNE ÉCHELLE 1/10 SUR LE SITE DE SAINTE-ANNE DU PORTZIC ?**

Pour être financée, une nouvelle technologie doit progressivement limiter les risques par des démonstrations expérimentales avec des prototypes de plus en plus proches des machines commerciales. Soutenus par la Région Bretagne, ces essais en mer et leurs résultats ont porté ce projet à un degré de

maturité technologique plus élevé, ce qui fait entrer Eolink dans le Top 7 mondial en termes de retour d'expériences. L'échelle 1/10 est directement liée à la hauteur des vagues à Sainte-Anne du Portzic, environ dix fois plus petites qu'en haute mer.

*In situ* le vent présente des variations qui poussent le prototype à ses limites : 90 km/h à Sainte Anne représentent 270 km/h à pleine échelle !

Ce prototype a été pour Eolink l'opportunité de concevoir entièrement l'ensemble des composants : pales, machines électriques, système de commande à distance, connexion électrique au réseau, ancrages et structure flottante, gage d'une bonne anticipation des réalisations à pleine échelle.

**QUELS SONT LES AVANTAGES D'UNE COLLABORATION AVEC L'IFREMER ?**

L'accès au bassin d'essais hydrodynamiques avec sa soufflerie et au site expérimental de Sainte-Anne du Portzic est un premier point majeur. Le second point réside dans les expertises multiples de l'Ifremer sur les matériaux, l'hydrodynamique et ses connaissances de l'environnement (vague, géotechnique).

**QUELS SONT VOS OBJECTIFS À TERME ?**

L'éolien flottant peut produire massivement de l'énergie propre et locale. Indépendamment des enjeux climatiques, l'éolien flottant permettrait de réindustrialiser nos territoires et de réduire les tensions liées aux approvisionnements énergétiques. Notre feuille de route consiste à développer progressivement cette technologie par la construction de machines à l'échelle 4/5, soit 5-6 MW à un coût de 150 euros/MWh puis des machines semblables mais à l'échelle 1 et en 12 MW dans des usines robotisées à Brest (40-70 euros/MWh) à partir de 2025.

**ÉNERGIE D'APRÈS-DEMAIN : L'HYDROGÈNE PRODUIT PAR DES MICRO-ORGANISMES MARINS**

La production d'énergie à partir d'organismes vivants via des réactions chimiques est aussi une voie prometteuse. Dans l'océan profond privé de lumière, les fluides hydrothermaux enrichis en gaz dissous (hydrogène, dioxyde de carbone, ...) alimentent des écosystèmes complexes reposant sur des communautés microbiennes. L'effet des émissions hydrothermales sur le cycle du carbone des océans demeure encore mal connu mais pourrait contribuer jusqu'à 25% de la production totale de carbone organique dans l'océan profond. L'hydrogène est au carrefour de ces processus chimio-synthétiques et serait la source d'énergie à l'origine d'au moins 50% de la production de biomasse dans ces environnements.



Au cours des campagnes océanographiques de l'Ifremer, Bicosse (2014), Hermine (2017) et Bicosse2 (2018), un nouveau processus métabolique a été mis en évidence chez certains micro-organismes hyperthermophiles associés aux écosystèmes hydrothermaux: la conversion d'hydrogène ( $H_2$ ) et de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) en formate ( $HCO_2^-$ ). Le formate est une molécule organique simple présentant une haute concentration en hydrogène par unité de masse. Ainsi la production de formate est un mécanisme de détoxification permettant à ces micro-organismes de continuer à se développer malgré la présence d'hydrogène. Jusqu'alors ignoré, ce processus pourrait également jouer un rôle majeur

dans le cycle du carbone. Étudiée grâce à des capteurs spécifiques et à des bioréacteurs de laboratoire, cette voie métabolique est présente chez plusieurs archées (micro-organismes unicellulaires sans noyau). Ces micro-organismes sont également capables de convertir la matière organique en hydrogène, à haute température au-delà de  $80^\circ C$  et à haute pression au-delà de 300 bars. Ils pourraient ainsi présenter un intérêt biotechnologique pour la production et le stockage de l'hydrogène.

Le Guellec S, Dulermo R, Courtine D, Godfroy A & Roussel E.  
*H<sub>2</sub>-dependent Formate Production by Hyperthermophilic Thermococcales*. Goldschmidt 2018 (Présentation orale, Boston, USA)



ANCRAGE EN RADE DE BREST DE L'ÉOLIENNE FLOTTANTE DÉVELOPPÉE PAR LA SOCIÉTÉ EOLINK.  
OBJECTIF : TESTER EN CONDITIONS RÉELLES UN CONCEPT QUI RÉVOLUTIONNE LES TECHNOLOGIES  
TRADITIONNELLES. IFREMER EST PARTENAIRE DU DISPOSITIF. © Ifremer - O. Dugornay

## LES SÉDIMENTS MARINS RÉVÈLENT LA MIGRATION DE LA MOUSSON CHINOISE DEPUIS 400 000 ANS

L'évolution passée de la mousson asiatique est un sujet controversé des sciences paléoclimatiques. Son histoire est majoritairement basée sur des archives continentales comme les dépôts minéralisés des grottes ou spéléothèmes. Pourtant, différencier l'évolution de l'intensité des pluies d'une part, et d'autre part leur source, constitue une difficulté majeure de l'interprétation des spéléothèmes. L'analyse géochimique détaillée des sédiments marins déposés au large de l'embouchure des fleuves Bleu (*Yangtze river*) et Jaune (*Yellow river*), issus du forage IODP U1429 (prélèvements par 732 mètres d'eau), apporte des connaissances nouvelles et indépendantes des spéléothèmes concernant l'intensité passée des précipitations sur les bassins versants géants d'Asie orientale.

Les résultats démontrent, pour les derniers 400 000 ans, qu'une mousson d'été humide a prédominé lors des périodes interglaciaires. Il apparaît que l'intensité des précipitations et/ou la durée de la saison des pluies augmentent sensiblement au cours des cinq derniers épisodes interglaciaires. Ce résultat, ajouté à une contribution croissante des régions septentrionales du bassin versant du fleuve Bleu dans les sédiments étudiés, expliquerait la migration graduelle vers le Nord de la zone de convergence intertropicale (ITCZ) au cours des derniers épisodes interglaciaires. Cette étude, si elle contribue à une meilleure compréhension de la mousson asiatique au regard des changements climatiques, démontre également la pertinence de l'approche 'transferts sédimentaires terre-mer' pour les reconstructions paléo-environnementales et paléoclimatiques.

Beny, F., Toucanne, S., Skonieczny, C., Bayon, G., Ziegler, M. 2018. *Geochemical provenance of sediments from the northern East China Sea document a gradual migration of the Asian Monsoon belt over the past 400,000 years*. *Quaternary Science Reviews*, 190, 161-175. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.032>

## DES PETITS MINÉRAUX À L'ORIGINE D'UN IMPORTANT GLISSEMENT SOUS-MARIN

Les glissements sous-marins constituent une importante source d'aléas géologiques puisqu'ils peuvent affecter des infrastructures sous-marines et toucher les zones côtières et littorales (érosion régressive, vague de tsunami, ...). Néanmoins, les processus contrôlant l'instabilité et le glissement des pentes sous-marines ne sont toujours pas bien identifiés. Cette étude met en évidence la présence d'une couche de sédiment fragile dans le Canal de Corse (mer Tyrrhénienne septentrionale) qui a été à l'origine d'un glissement sous-marin il y a environ 45 000 ans. Grâce à la cartographie du glissement au moyen de sondeur multifaisceau et de système sismique haute résolution, à l'analyse géotechnique et géochimique de carottes sédimentaires et à la modélisation numérique de la stabilité de pente, cette étude démontre que les zéolites sont à l'origine de l'instabilité du sédiment. Les zéolites sont des minéraux issus de l'altération des roches volcaniques qui, même en très faible quantité (2-4%), altèrent les propriétés mécaniques du sédiment vaseux en le rendant potentiellement instable. Ces résultats auraient ainsi des implications sur l'ensemble du globe puisque les zéolites sont des minéraux fréquents sur les marges continentales, notamment à proximité des zones volcaniques.

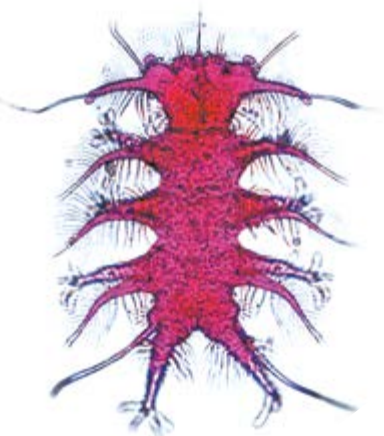
Miramontes E., Sultan N., Garziglia S., Jouet G., Pelleter E., Cattaneo A., 2018. *Altered volcanic deposits as basal failure surfaces of submarine landslides*. *Geology* 46: 663-666. doi: <https://doi.org/10.1130/G40268.1>

## LA MÉIOFAUNE DES ENVIRONNEMENTS MARINS EXTRÊMES

Les environnements marins extrêmes (mangroves, grottes sous-marines, écosystèmes polaires, zones hyper-salines, environnements avec peu ou sans oxygène, sources hydrothermales, suintements froids, carcasses / bois coulés, canyons sous-marins et les fonds au-delà de 6 000 m) recouvrent plus de 50% de la surface de la Terre. Parfois associés à des écosystèmes éphémères et instables, les environnements marins extrêmes hébergent une méiofaune abondante (organismes de taille comprise entre 20 micromètres et 1 millimètre) composée d'espèces souvent endémiques et bien adaptées.

Douze instituts de neuf pays se sont associés pour présenter une vision intégrée de la biodiversité, de l'écologie et des réponses physiologiques de cette méiofaune marine vivant en milieux extrêmes.

Les résultats de cette étude majeure soutenue par le LabexMer/ISBlue<sup>7</sup>, la fondation TOTAL et Ifremer sont les suivants: (1) les foraminifères, les vers nématodes et les crustacés copépodes sont abondants dans presque tous ces habitats et dominant dans les écosystèmes des grands fonds; (2) les activités humaines génèrent des conditions de stress, notamment la désoxygénation, l'acidification et l'augmentation de la température, même à grande profondeur.



CE *NEOSTYGARCTUS OCEANOPOLIS* VIT  
DANS LES MILIEUX MARINS EXTRÊMES  
JUSQU'À 1900 M DE PROFONDEUR.  
© Ifremer - D. Zeppilli

Ainsi, le comportement et la physiologie de diverses espèces de cette méiofaune nous informent sur la manière dont les organismes réagissent à ces changements et constituent dans certains cas un signal d'alerte des impacts anthropiques. (3) De plus, d'un point de vue évolutif, la découverte de nouveaux taxons ou de nouvelles espèces permet de mieux comprendre les relations phylogénétiques aux origines de la vie. (4) Enfin, les études biologiques et physiologiques de la méiofaune des environnements

extrêmes ont un potentiel économique impressionnant, par exemple pour la production de produits pharmaceutiques.

Zeppilli D., Leduc D., Fontanier C., Fontaneto D., Fuchs S., Gooday A., Goineau A., Ingels J., Ivanenko V., Kristensen R., Neves R., Sanchez N., Sandulli R., Sarrazin J., et al. 2018. *Characteristics of meiofauna in extreme marine ecosystems: a review*. Marine Biodiversity 48, 35-71. <http://doi.org/10.1007/s12526-017-0815-z>

## PERCER LES SECRETS D'UN MICRO-ORGANISME MARIN, CHAMPION DE LA RÉPARATION DE L'ADN !

Les édifices hydrothermaux océaniques profonds abritent d'étranges micro-organismes adaptés à la forte pression et à la température. Ce sont généralement des archées hyperthermophiles capables de se développer à des températures supérieures à 85°C. Pour croître dans ces conditions extrêmes, ces micro-organismes possèdent des stratégies efficaces de sauvegarde de leurs génomes. Grâce à cette étude, il est possible de mieux comprendre ces mécanismes adaptatifs et notamment l'importance de la réparation de l'ADN par sa recombinaison (fonction commune à tous les organismes vivants, indispensable à la fois à leur survie et à l'évolution des espèces en développant des processus d'adaptation).

Ainsi pour une archée hyperthermophile, *Pyrococcus furiosus*, cette étude décrit l'interaction entre le complexe enzymatique Mre11-Rad50 (MR), acteur clé de la réparation des cassures dans l'ADN, et la protéine PCNA, dont la forme en anneau lui permet de coulisser le long de l'ADN. Notre modèle explique la mécanique de régulation de l'activité de cette enzyme MR au niveau des cassures. La portée de cette étude réside dans le fait que le complexe MR joue un rôle important dans la réparation des cassures de l'ADN chez les eucaryotes et que son dysfonctionnement entraîne de multiples désordres génétiques comme l'apparition de cancers. La description du fonctionnement de ces protéines, présentes également chez l'homme, pourrait contribuer à une meilleure connaissance des causes d'apparition de ces désordres génétiques.

Hogrel G., Lu Y., Laurent S., Henry E., Etienne C., Duy Khanh Phung, Dulermo R., Bosse A., Pluchon P., Clouet-D'Orval B., Flament D., 2018. *Physical and functional interplay between PCNA DNA clamp and Mre11-Rad50 complex from the archaeon Pyrococcus furiosus*. Nucleic Acids Research 46, 5651-5663. <http://doi.org/10.1093/nar/gky322>

<sup>7</sup> Le LabexMER «L'océan dans le changement», fait partie des laboratoires d'excellence retenus lors de la première vague du programme «Investissements d'Avenir». Il regroupe 12 unités de recherche du grand ouest: Université de Bretagne occidentale (UBO), Université de Bretagne-Sud (UBS), Université de Nantes, Ifremer, CNRS, IRD et École centrale Nantes. En 2018, il est devenu une composante de l'École Universitaire de Recherche ISblue (Interdisciplinary graduate School for the blue planet).

# INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE ET SYSTÈMES D'INFORMATION

La concentration des infrastructures informatiques promues par les politiques de développement de « cloud » peut dérouter les scientifiques qui, chacun dans leur thématique, doivent maîtriser les données, de l'observation à la publication. Les projets européens de partage de données comme Seadatacloud, Copernicus *in situ* TAC, EMODnet travaillent sur la définition technique d'un consensus entre ces deux points de vue, qui puisse répondre à la nécessaire mutualisation de la connaissance portée par les services et données en ligne, tout en préservant à chaque communauté scientifique son autonomie de décision et de fonctionnement.

## LES DONNÉES GÉOGRAPHIQUES COLLOQUE MERIGEO

Dans l'objectif de valoriser les travaux en matière de géomatique appliquée au milieu marin, et en lien fort avec les directives européennes Stratégie pour le milieu marin (DCSMM) et Planification de l'espace maritime, l'Ifremer, l'AFB et le Shom organisent tous les deux ans un colloque national « merIGeo », dans le but de rassembler autour d'une problématique commune : l'étude et la gestion de l'océan, du littoral aux grands fonds. Il s'est déroulé à Aix-en-Provence en 2018.

Les établissements publics, organismes de recherche, universités, services de l'État, collectivités territoriales, bureaux d'étude, associations ont échangé et confronté les connaissances, les réflexions et les expériences sur des applications scientifiques et innovantes de la géomatique dans les domaines

de la mer et du littoral. Toutes les thématiques de l'information géographique marine ont été abordées : imagerie pour le suivi du littoral et du milieu marin, géosciences, pêche et aquaculture, étude du trafic maritime y compris celui de la plaisance, des pressions et impacts cumulés ou encore systèmes d'information et référentiels géographiques.

## LE RÉFÉRENCIEMENT DES ÉCHANTILLONS GÉOLOGIQUES

L'IGSN (*International Geo Sample Number*) est un organisme mondial qui délivre des identifiants uniques pour les échantillons géologiques. L'Ifremer en est devenu membre en 2018, afin de mettre en place un service d'enregistrement de codes IGSN et un service de mise à disposition et de moissonnage des métadonnées associées aux échantillons marins. Tous les échantillons géologiques, carottes sédimentaires ou roches, et les échantillons biologiques des grands fonds sont référencés dans une base commune « *Biology and Geology Ocean Database* » (Bigood).

Ces codes IGSN sont utilisés pour identifier, localiser et citer un échantillon physique. Ainsi le numéro IGSN figure sous forme de code-barres sur les étiquettes des échantillons géologiques classés dans la lithothèque du centre de Brest. Déjà, un premier article scientifique de l'Ifremer a utilisé ce code pour citer des échantillons prélevés au cours d'une campagne. Les codes IGSN sont recensés par Archimer, l'archive institutionnelle de l'Ifremer,

tout comme les identifiants des campagnes. Il devient alors possible de connaître tous les articles publiés ayant utilisé un échantillon donné, de connaître les analyses réalisées ou de connaître les autres échantillons de la campagne qui est à l'origine de son prélèvement.

Une réflexion est en cours pour que cette démarche de traçabilité soit généralisée à l'ensemble des échantillons de l'Ifremer, en lien notamment avec les obligations réglementaires résultant du Protocole de Nagoya sur l'Accès aux ressources génétiques et le Partage juste et équitable des Avantages découlant de leur utilisation (APA).



LA CAROTHÈQUE DU CENTRE DE RESSOURCES EN ÉCHANTILLONS ET ARCHIVES MARINS (CREAM) D'IFREMER À PLOUZANÉ. PRÈS DE 32 000 ÉTUIS Y SONT STOCKÉS ET CONSTITUENT UN VÉRITABLE TRÉSOR DE DONNÉES POUR LES SCIENTIFIQUES.

© Ifremer - M. Rovere

## UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE RÉSEAU EUROPÉEN DE DONNÉES MARINES

Le projet H2020 SeaDataCloud a pour objectif de fiabiliser et d'étendre une infrastructure de gestion de données marines de grande ampleur, bâtie de manière continue par les projets de la famille SeaDataNet, avec actuellement plus de 110 centres de données connectés.

Comme ses prédécesseurs, SeaDataCloud est coordonné par l'Ifremer. Il fait progresser l'interopérabilité des données marines en faisant évoluer les référentiels de vocabulaires, les périmètres

thématiques des données gérées, tout en s'appuyant sur le cloud EOSC (« European Open Science Cloud ») pour la diffusion des jeux de données finalisés.

Tous les deux ans depuis 2005, l'Ifremer et ses partenaires du réseau SeaDataNet organisent le colloque IMDIS (*International conference on marine data and information systems*). L'édition de 2018 s'est déroulée à Barcelone, 184 participants de 34 pays y ont contribué avec comme organisateur local l'unité de technologie marine du Conseil supérieur espagnol de la recherche scientifique.

### PÉRIODE NOMS DES PROJETS DE LA FAMILLE SEADATANET

ANNÉES 90	Données et métadonnées Medar/MedAtlas
2002 - 2005	Répertoires de métadonnées Sea-Search (FP5)
2006 - 2011	SeaDataNet (FP6)
2011 - 2015	SeaDataNet II (FP7)
2016 - 2020	SeaDataCloud (H2020)

## METTRE EN COMMUN

### UNE INFRASTRUCTURE DE CALCUL ET DE STOCKAGE DE DONNÉES

L'infrastructure de données/traitement/calcul Datarmor est la pierre angulaire de la stratégie d'organisation du partage de ressources de stockage pour faire face aux besoins en croissance exponentielle de volumes de données. Le groupe de travail « données » (GT données) regroupe des experts scientifiques représentant les grands domaines scientifiques utilisateurs de données et des gestionnaires de données. Créé au lancement de Datarmor, il intervient sur la gouvernance des espaces de stockage dans un objectif de mutualisation des jeux de données d'intérêt partagé. La mise en place d'espaces différenciés sur Datarmor correspond à différents usages : « données de référence » (Dataref), « espaces de travail » (Datawork) et l'espace temporaire (« Scratch »). Les utilisateurs ont compris tout l'intérêt de mettre en facteur toutes les données qui peuvent l'être. Suite à plusieurs demandes, les arbitrages du GT données ont été étendus au-delà du périmètre Datarmor, sur les espaces de stockage sauvegardés et le système d'archivage pérenne.

Une « donnée de référence » doit être pérenne et stable dans le temps. Elle peut avoir été produite par des activités impliquant Ifremer (telles que les données de la Flotte océanographique ou les résultats des interprétations des équipes de recherche) ou par un autre organisme (les modèles météo), et être

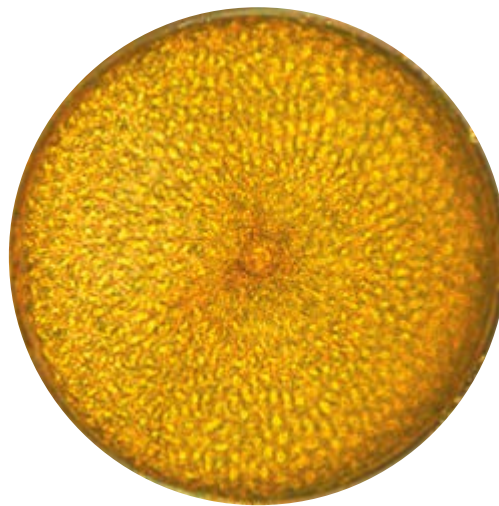


utilisée dans Datarmor ou sur une autre machine du réseau. Selon son degré de visibilité, elle sera partagée par l'ensemble des utilisateurs ou par une communauté plus restreinte. Ces données sont utilisées pour des traitements, de l'interprétation ou de la diffusion. En 2018, plus de 90 jeux de données volumineux ont été mis à disposition sur l'espace de référence de Datarmor pour usage immédiat « sans autre copie » sur Datarmor ou sur d'autres systèmes. Les objectifs de cette démarche sont multiples mais visent d'abord à présenter aux utilisateurs un éventail de données scientifiques le plus pertinent et complet possible dans le but :

- d'en faciliter l'accès;
- de favoriser les échanges et les interactions entre les projets et les équipes;
- d'éviter la multiplication des copies et le gaspillage d'espace, surtout pour les données volumineuses.

Le catalogue des données de référence est disponible sur l'outil Sextant, accessible par [https://www.ifremer.fr/sextant\\_doc/pages/DATARMOR.html](https://www.ifremer.fr/sextant_doc/pages/DATARMOR.html)

et CoastHF qui est constitué de plateformes fixes instrumentées de mesures *in situ* hautes fréquences pour des paramètres clés des eaux côtières (conductivité, direction des vagues; direction du vent, fluorescence, humidité relative, oxygène dissous, ...).



*COSCINODISCUS WAILESII* - BAIE DE VILAINE  
© Ifremer - N. Neaud-Masson. 2015

## INFRASTRUCTURE DE RECHERCHE LITTORALE ET CÔTIÈRE (ILICO)

Créée en mars 2016 et co-pilotée par le CNRS et l'Ifremer, l'infrastructure de recherche (IR) ILICO fédère huit services d'observation labellisés. Cette IR nationale structure un réseau de plus de 300 points d'observation des paramètres physiques, biogéochimiques et biologiques du milieu marin côtier et littoral répartis sur les façades métropolitaines et ultramarines.

Elle mobilise plus de 90 personnes en équivalent temps plein de l'ensemble des organismes de recherche français intéressés par le milieu littoral et côtier. ILICO permet d'observer et de comprendre les changements de ce milieu, tant sur le long terme (dont les conséquences du changement climatique) que sur le court terme (par exemple l'impact des événements extrêmes).

En 2018, la première version d'une stratégie scientifique a été produite en se nourrissant des recommandations de son conseil scientifique international réuni au printemps à Paris. De plus, plusieurs réseaux d'observation de l'infrastructure ont reçu une labellisation en tant que « services nationaux d'observation » par le CNRS et l'Ifremer, sur recommandation de la commission spécialisée océan-atmosphère (CSOA) du CNRS. Il s'agit des réseaux PhytObs - observation du micro-phytoplancton

## OBSERVATOIRE EUROPÉEN PLURIDISCIPLINAIRE DES FONDS MARINS (EMSO)

### INTERVIEW DE JUAN JOSÉ DAÑOBEITIA, DIRECTEUR GÉNÉRAL, EUROPEAN MULTIDISCIPLINARY SEAFLOOR AND WATER COLUMN OBSERVATORY (EMSO).

The «European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory» EMSO, an ERIC (European Research Infrastructure Consortium) gathering height countries, aims to explore the oceans, to gain a better understanding of phenomena happening within and below them, and to explain the critical role that these phenomena play in the broader Earth systems.

#### YOU ARE APPOINTED AS DIRECTOR GENERAL OF THE EMSO ERIC FOR ONE YEAR. WHICH ARE THE CHALLENGES YOU HAVE TO TAKE UP?

One of the EMSO ERIC main services is to provide the EMSO ERIC user an infrastructure as the focal point of a powerful, new European high-tech marine «Innovation Platform» empowered by a rich set of tools. A big challenge we face in effectively monitoring and collecting high quality environmental data stems from the difficulties collecting such a large number of essential ocean variables (EOV's)



at high sampling rates in very diverse environmental locations such as deep ocean zones, mid-ocean ridges, plate collisions, intraplate volcanism and anoxic seas.



**WHAT ARE THE FUTURE GOALS AND YOUR VISION TO FULFIL THE SCIENTIFIC AND SOCIETAL DEMANDS AT A EUROPEAN AND WORLDWIDE LEVEL?**

EMSO ERIC is increasingly taking a leading role in tackling the major environmental issues which most threaten European Seas and Polar regions and which can impact the lives of millions of people worldwide. This will moreover boost our already-strong contribution to the implementation of the United Nations' key Sustainable Development Goals (No 14 life below water) in terms of sustainability and cleaning of oceans 1) reduction of marine litter and particularly of plastics, minimisation of oil-rig decommissioning marine pollution and damage, and understanding and mitigating large biodiversity threats, 2) influence society by demonstrating continuous monitoring of sensitive parameters, including forewarnings of warming, acidity and other ocean anomalies once a critical threshold is exceeded.

**WHAT ARE THE SCIENTIFIC PERSPECTIVES, NUMBER OF OBSERVATORIES, AND RELATIONSHIP TO OTHER RESEARCH INFRASTRUCTURES OF THE MARINE DOMAIN?**

A key step is EMSO's ongoing program to significantly increase the number of its fixed-point observatories, thereby further improving our ability to guarantee continuous, top-quality ocean data, to allow a better assimilation of the oceanic variables to generate integral biogeochemical models, to produce a multidisciplinary approach for the «health status assessment» of our oceans and seas almost in real-time, to provide data on seismic, volcanic and tsunami activity in active zones; and to take

actions to mitigate the damage caused by natural hazards.

Encourage true cooperation and complementarity between the environmental RI by working together on projects such as ENVRI FAIR and others. To take advantage of opportunities offered by the Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030 promoted by UN). Outreach and communication are crucial to conciseness new generations of the benefits of a blue and sustainable growth.

**WHAT IS THE COLLABORATION BETWEEN EMSO ERIC AND IFREMER?**

France is a founding Member country of EMSO and Ifremer, as France's foremost reference institution along with CNRS, has consistently played a seminal role in bringing the infrastructure from just a loose partnership idea in the late 90s to the reality of the ERIC and the world stage today. Indeed, with its long tradition and international renown for excellence in marine research, its world-class facilities, scientists and technicians, Ifremer is a top protagonist, team-player and leading driver of the EMSO success story. Last but not least are my many positive personal experiences and memories shared with so many Ifremer scientists and technicians comrades and friends who have always been a joy to work with throughout my 35-year career.



INITIÉ DANS LE CADRE DE L'INFRASTRUCTURE EUROPÉENNE «OBSERVATOIRE DES FONDS MARINS» (EMSO), LE MODULE D'INSTRUMENTATION GÉNÉRIQUE (EGIM), DÉVELOPPÉ PAR L'IFREMER, EST UN OUTIL DE MESURE STANDARDISÉ QUI EMBARQUE DE NOMBREUX CAPTEURS ET PERMET D'ÉQUIPER DES STATIONS D'OBSERVATIONS SOUS-MARINES.

© Ifremer - O. Dugornay

# EXPERTISE EN APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES

L'Ifremer apporte son appui à l'État pour l'élaboration de politiques publiques maritimes sur la base des meilleures connaissances disponibles. Il assure également un rôle d'expert en répondant ponctuellement à des saisines émanant des services de l'État. Ces missions, inscrites dans l'ADN de l'institut, représentent un tiers de l'activité de l'institut et mobilisent tous les champs de recherche et personnels de l'établissement : environnement (directives européennes DCE, DCSMM), ressources minérales (extraction de granulats, permis d'exploration de ressources minérales profondes), extension de la ZEE<sup>8</sup>, qualité sanitaire et zoosanitaire des coquillages (laboratoire de référence de l'Union européenne et laboratoire national de référence pathologie des mollusques marins), exploitation durable des stocks de poissons (Politique commune de la pêche de l'Union européenne).

et notamment des réseaux REMI (surveillance microbiologique) et REPHYTOX (surveillance des phycotoxines marines). Ce transfert a concerné les tâches de prélèvement et d'analyses, transférées aux laboratoires départementaux d'analyse; l'Ifremer conservant certaines tâches en maîtrise d'œuvre (gestion des alertes, bancarisation des données) et se positionnant d'une manière plus globale en assistance à maîtrise d'ouvrage à l'État pour la conception du dispositif de surveillance.



MOULE COMMUNE *MYTILUS EDULIS*  
© Ifremer - O. Dugonay

## 2018, L'ANNÉE DU TRANSFERT DE LA SURVEILLANCE SANITAIRE

Après plusieurs années de préparation, le 1<sup>er</sup> janvier 2018 a vu aboutir le transfert de la surveillance sanitaire des zones de production de coquillages. Conformément à son contrat d'objectifs 2014-2018, l'Ifremer souhaitait transférer la mise en œuvre opérationnelle de la surveillance sanitaire,

<sup>8</sup> La zone économique exclusive (ZEE) est une zone maritime, entre les eaux territoriales et les eaux internationales, sur laquelle un État exerce une souveraineté en matière d'exploration et d'exploitation des ressources.

Ce transfert se déroule de manière satisfaisante et les premiers indicateurs de résultat montrent que les deux dispositifs de surveillance sont bien opérés : 97% des prélèvements sont réalisés conformément

au cahier de prescriptions. L'important effort de formation des opérateurs (2017) et d'accompagnement de ceux-ci (2018) semble donc avoir porté ses fruits.

Ce transfert va permettre à l'Ifremer de recentrer ses activités sur des dispositifs à même de faire évoluer la surveillance, en prenant en compte les innovations issues du monde de la recherche (observatoire microbiologique intégré, ADN environnemental...) et l'émergence de nouveaux risques (espèces exotiques, réchauffement climatique).

## 2018, L'ANNÉE DE L'ÉVALUATION DU BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE

L'année 2018 était une année charnière pour la mise en œuvre de la directive-cadre Stratégie pour le milieu marin. En effet, c'était l'année de la deuxième évaluation du « bon état écologique » et elle a démontré la montée en expertise de l'équipe des pilotes scientifiques. Par rapport à l'évaluation de 2012, l'évaluation est devenue beaucoup plus quantitative, fondée sur des indicateurs chiffrés plus que sur un dire d'expert. Des défis perdurent néanmoins pour la communauté scientifique : mobiliser les différentes sources de données pour faire diminuer les incertitudes ; faire converger les évaluations réalisées au titre de différentes directives (DCE et DCSMM, notamment) pour une meilleure appropriation par les parties prenantes des résultats... autant de défis qui montrent que la communauté scientifique va continuer à se mobiliser durant les années à venir.



LANGOUSTE  
© Ifremer - O. Dugornay

### INTERVIEW DE THIERRY VATIN, DIRECTEUR DE L'EAU ET DE LA BIODIVERSITÉ AU MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE



**L'IFREMER ASSURE LA COORDINATION DE L'ÉVALUATION ET DE LA DÉFINITION DU BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE AU TITRE DE LA DIRECTIVE-CADRE « STRATÉGIE POUR LE MILIEU MARIN » (DCSMM). DU POINT DE VUE DE LA DEB (DIRECTION DE L'EAU ET DE LA BIODIVERSITÉ), QUELS SONT LES PROGRÈS LES PLUS SIGNIFICATIFS DEPUIS 2012, DATE DE LA PREMIÈRE ÉVALUATION ?**

L'évaluation initiale de l'état écologique du milieu marin réalisée en 2012, lors du premier cycle de la DCSMM, était assez largement qualitative. À la fois par défaut de méthode d'évaluation et faute de données suffisantes. L'évaluation produite en 2018 montre que des progrès importants ont été réalisés grâce à l'investissement de la communauté scientifique pour tendre vers une approche quantitative. Ces progrès vont également se concrétiser dans un arrêté ministériel présentant une définition du bon état écologique plus opérationnelle. La coordination assurée par l'Ifremer a permis de structurer une interface science-politique efficace.

**COMMENT LES RÉSULTATS DE CETTE ÉVALUATION SONT-ILS UTILISÉS DANS LES POLITIQUES PUBLIQUES ?**

Cette évaluation fait partie intégrante d'un document de planification élaboré pour chacune des quatre façades maritimes métropolitaines : le document stratégique de façade. L'objectif de ce document est de penser de manière simultanée et cohérente le développement des activités humaines, de l'économie bleue, avec l'impératif d'atteindre le bon état écologique des eaux marines. Sur la base de cette évaluation, des objectifs environnementaux ont été élaborés pour réduire les pressions identifiées comme non compatibles avec l'atteinte du bon état écologique et mieux protéger les composantes de la biodiversité fragilisées par les activités humaines.

Les documents stratégiques de façade font l'objet d'une consultation du public du 4 mars au 4 juin 2019 sur : <https://www.merlittoral2030.gouv.fr/>. Cette consultation donne l'opportunité à chacun de s'exprimer sur le contenu de ces documents. Les documents stratégiques de façade devraient ensuite être adoptés mi 2019.

**QUELLES SONT VOS ATTENTES VIS-À-VIS DE L'IFREMER DANS LE CADRE DE LA NOUVELLE ORGANISATION DE L'APPUI SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE AU MINISTÈRE POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA DCSMM ?**

La nouvelle organisation de l'appui scientifique et technique à la DCSMM met notamment l'accent sur le rapprochement organisationnel entre surveillance et évaluation, sur une mobilisation plus large d'experts, sur la structuration progressive de réseaux, ainsi que sur l'articulation de la DCSMM avec les autres directives et politiques marines (directive-cadre sur l'eau, directive habitat, directive oiseau, politique commune des pêches, conventions de mers régionales). Dans ce contexte, la DEB souhaiterait que l'Ifremer poursuive son engagement dans la coordination nationale scientifique et technique de la DCSMM, élargisse son implication thématique dans les domaines où son expertise est reconnue et soutienne l'élaboration d'une stratégie de mutualisation de la surveillance. Cela fait écho au positionnement de l'institut, dans son contrat d'objectifs et de performance, comme institut de référence en sciences marines et à ses orientations structurées par le triptyque « recherche – innovation – appui aux politiques publiques ». L'Ifremer aura un rôle déterminant à jouer pour accompagner l'État vers l'évaluation de l'état des eaux marines en 2024.

## ÉTUDE DES IMPACTS

### ENVIRONNEMENTAUX ISSUS DE L'EXTRACTION DE GRANULATS MARINS

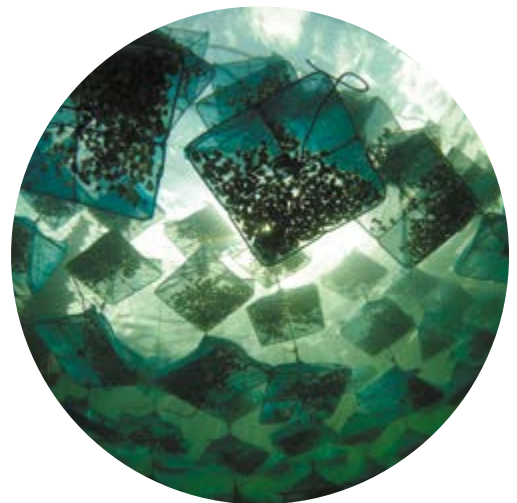
Le Code minier confère une compétence spécifique à l'institut concernant l'évaluation des impacts environnementaux des activités d'extraction de granulats marins sur le milieu. L'Ifremer apporte ainsi son expertise aux services de l'État lors de chaque projet d'extraction. Cet appui local s'accompagne d'une expertise plus générique au profit du ministère de la Transition écologique et solidaire. Suite aux travaux menés en 2017, l'Ifremer a proposé à l'État d'actualiser les protocoles préconisés par l'institut dans les années 1990 – pour les suivis morpho-bathymétrique et bio-sédimentaire – et en 2011 – pour le suivi halieutique ; afin de répondre aux exigences réglementaires en matière de description et de suivi de l'environnement marin.

Ces nouveaux protocoles vont aider les porteurs de projet à établir un état de référence initial avant travaux et à mettre en place un suivi environnemental des sites d'extraction à partir de campagnes d'acquisition de données ou de l'utilisation de modèle (aide aux acteurs économiques).

Par ailleurs, l'Ifremer assiste les services de l'État sur les documents-types qui doivent être fournis afin de mieux contrôler et gérer l'activité d'extraction (aide à la puissance publique) et d'harmoniser les pratiques de suivis environnementaux à l'échelle nationale. Ce travail d'harmonisation permettra à la communauté scientifique d'avoir accès, *in fine*, à des données comparables et de qualité (aide à la recherche).

# INNOVATION ET PARTENARIATS ÉCONOMIQUES

L'année 2018 a été marquée par l'aboutissement du projet d'institut horizon 2030 et le lancement de la démarche InOcean qui vise à mieux insérer l'innovation dans les pratiques de l'institut. Cette démarche doit encourager les chercheurs et ingénieurs à mieux prendre en compte les besoins et attentes du monde socio-économique ou de la société. Les premières réflexions sur les biotechnologies, les énergies marines renouvelables et les communications optiques ont permis de s'interroger sur nos pratiques existantes et les premières actions issues d'ateliers « Focus Innovation » ont été lancées dès cette année. Les premiers résultats dont certains sont présentés ci-après sont très encourageants.



NAISSAINS D'HUÎTRES  
© Ifremer - J. Oheix

## MER ET SANTÉ

L'Ifremer a organisé à Brest, lors de la SeaTech Week, la première édition du colloque « Mer et Santé » le 8 et 9 novembre 2018 avec le soutien de l'UBL, de l'UBO et du Conseil Départemental du Finistère. Objectif : dynamiser les recherches aux interfaces entre la biologie marine et la santé humaine et partager les retours d'expérience d'industriels du secteur. Ce colloque, placé sous le parrainage du Pr. Denis Allemand, directeur scientifique du centre scientifique de Monaco et membre du conseil scientifique de l'Ifremer, a rassemblé 58 scientifiques de divers établissements de recherche (Ifremer, Inserm, CNRS, Universités, écoles d'ingénieurs, CHU, Cancéropôle Grand-Ouest) ainsi qu'une dizaine d'industriels et start-up (Greensea, Polymar, Manros Therapeutics, Hemarina...) autour de 25 conférences. La prochaine édition du colloque « Mer et Santé » se tiendra en 2020 à Monaco.

## ZOOM SUR LES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES

### BLUE FINS : PREMIER PROJET DE DÉVELOPPEMENT D'UNE TECHNOLOGIE IFREMER D'ÉNERGIE HOULOMOTRICE

La production d'énergie houlomotrice est un secteur à fort potentiel encore en phase de maturation pour lequel l'expertise de l'Ifremer a été requise à l'occasion de nombreux projets. Grâce à la démarche InOcean, l'Ifremer a choisi de lancer son premier projet de développement d'une technologie innovante appelé BLUE FINS. L'originalité du système BLUE FINS réside dans plusieurs points, notamment dans



l'utilisation d'ailerons pour récupérer l'énergie houlomotrice et soulager les efforts d'ancrage ou l'utilisation des matériaux composites innovants afin de réduire le poids et les coûts.

Les premiers essais en bassin sur le centre Ifremer de Bretagne ont été menés en août, sur une maquette à l'échelle 1/16. Cette campagne d'essais a permis de calibrer les modèles numériques de comportement d'ensemble à partir desquels la production d'énergie est estimée pour un état de mer donné. Des études de tenue structurelle ont également permis un dimensionnement préliminaire du prototype à l'échelle 1. Une nouvelle campagne d'essais sur un mini-prototype plus fonctionnel, toujours à l'échelle 1/16, aura lieu en 2019 au bassin du centre Ifremer de Brest.

Olivier Giusti impliqué sur le projet travaille également à la création d'une start-up basée sur cette technologie. Le projet a déjà été retenu par le comité d'évaluation de l'incubateur d'entreprises Emergys pour bénéficier du dispositif d'accompagnement.

#### L'ÉOLIENNE FLOTTANTE ROTOR : ELLE A TOUT D'UNE GRANDE

Rotor est un projet de recherche collaboratif pour le développement d'un outil permettant de tester et d'optimiser en bassin tous les éléments structurels et fonctionnels d'une éolienne flottante grâce à un ensemble pale + rotor innovant adaptable sur tout type d'éolienne flottante. Soutenu par la Région Bretagne, il a été mené entre 2016 et 2018 par l'Ifremer et Nass&Wind Industrie. En 2018, le système Rotor a fait l'objet d'un dépôt de brevet auprès de l'Institut national de la Propriété industrielle (INPI).

Le système Rotor est capable de proposer une régulation de vitesse et de puissance de la turbine sur toute la plage de fonctionnement via la mise en rotation des pales autour de leurs axes, de façon groupée ou indépendante. Rotor permet notamment de tester les interactions entre la turbine et la structure flottante de l'éolienne. Rotor2 complètera cette étude afin d'optimiser et de qualifier leurs systèmes en cours de développement par une modélisation numérique et une validation expérimentale par des essais hydro et aérodynamiques en bassin équipé d'une soufflerie avec le prototype d'éolienne flottante développé.

Rotor est l'exemple réussi d'une innovation née des deux expertises complémentaires d'un laboratoire de recherche et d'une entreprise.



EN 2018, LE SYSTÈME ROTOR A FAIT L'OBJET  
D'UN DÉPÔT DE BREVET AUPRÈS DE L'INPI.  
CETTE TECHNOLOGIE EST LE FRUIT  
D'UNE RECHERCHE COLLABORATIVE ASSOCIANT  
IFREMER ET NASS&WIND INDUSTRIE  
© Ifremer - O. Dugornay

## PRISE DE PARTICIPATION DANS LA START-UP GEPS TECHNO

Dans le cadre d'InOcean, l'Ifremer a souhaité amplifier son support à l'entreprise innovante GEPS Techno (entreprise de douze salariés en 2018), en transformant, le 26 novembre 2018, l'apport de son expertise en prise de participation dans le capital de la société et en prenant place à son conseil stratégique.

L'Ifremer collabore aux développements de GEPS Techno depuis 2013, à travers différents projets de recherche et des thèses CIFRE. En 2018, Michel Répécaud du laboratoire Détection, capteurs et mesures de l'Ifremer a reçu le prix FIEEC-F2I<sup>9</sup> de la recherche appliquée pour sa collaboration avec cette start-up. Ce prix récompense chaque année des chercheurs dont les travaux ont été appliqués et développés en lien avec une PME - ETI en vue de générer de la croissance et des emplois.

<sup>9</sup> FIEEC Fédération des industries électriques, électroniques et de communication; F2I Fonds pour l'innovation dans l'Industrie





INAUGURATION DE LA BOUÉE AUTONOME WAVEGEM QUI GÉNÈRE SON ÉLECTRICITÉ GRÂCE À L'ÉNERGIE HOULOMOTRICE. PARTENAIRE DE LONGUE DATE DU PROJET, IFREMER A PRIS UNE PARTICIPATION AU CAPITAL DE LA SOCIÉTÉ GEPS TECHNO, CRÉATRICE DU CONCEPT  
© Ifremer - O. Dugornay

## INOV'DAYS

Au deuxième semestre 2018, les premières journées InOv'days dédiées à l'innovation et l'entrepreneuriat ont été organisées à l'Ifremer. Pendant trois jours, plus de 110 salariés se sont rencontrés sur les sites de Nantes, Sète et Brest pour parler d'innovation, se sensibiliser à la propriété intellectuelle et échanger sur les opportunités que peuvent représenter la création de start-up. Au programme, des tables rondes avec des acteurs locaux de l'innovation, des témoignages de chercheurs s'étant lancés dans l'aventure de la création d'entreprise et un atelier de co-création autour d'une technologie Ifremer innovante : les observatoires marins. Ces journées ont été animées en partenariat avec le réseau CURIE et le programme « Les Innopreneurs ».

## PROMOUVOIR L'INNOVATION AU SEIN DE L'INSTITUT

### INTERVIEW DE JEAN-PIERRE BENQUÉ

Ancien directeur général adjoint d'EDF et passionné par les innovations et leur pouvoir disruptif, Jean-Pierre Benqué conseille l'Ifremer afin de promouvoir l'innovation au sein de l'institut.



### QUEL A ÉTÉ VOTRE RÔLE DANS LA DÉMARCHE INOCEAN ?

J'ai tout d'abord cherché à rencontrer des chercheurs et à connaître leurs principaux sujets de travail. Il est rapidement apparu que tous avaient un *affectio societatis* important pour l'Ifremer et valorisaient leurs recherches par des publications et des brevets. Le monde des start-up était assez loin de l'Ifremer! La démarche InOcean a été lancée et en particulier les ateliers Focus innovation en commençant par trois sujets qui méritaient une attention particulière : la biotechnologie, les EMR et les communications sous-marines. Sur ces trois sujets, nous avons identifié des innovations à promouvoir et plusieurs actions ont été initiées et d'autres sont à venir. Une communication autour d'elles a été réalisée et se poursuivra en 2019. Les résultats sont vraiment très encourageants. Il y a encore beaucoup d'autres innovations dans les laboratoires et nous allons lancer dans un proche avenir de nouvelles réflexions.

### QUI EST CONCERNÉ PAR LA DÉMARCHE INOCEAN ?

Pour réussir dans ce processus difficile, il faut que cela soit l'affaire de tous. Bien sûr la direction en charge de l'innovation a un rôle particulier, car elle doit mettre à disposition ses compétences pour la mise en œuvre des processus de valorisation. La détection des innovations valorisables dans

la sphère économique est un processus permanent qui démarre dès les choix d'orientations scientifiques et doit faire l'objet d'un examen *a minima* annuel par le management de l'Ifremer.

#### UNE FOIS LES INNOVATIONS DÉTECTÉES COMMENT FAIRE ?

La façon de mieux valoriser une innovation est rarement limitée à un brevet ou une licence. En se limitant à cela, l'Ifremer laisse quasi complètement la valorisation à d'autres qui peuvent poursuivre des objectifs radicalement opposés à ceux de l'institut. Une entreprise peut racheter une licence pour justement ne pas la développer ! L'Ifremer a décidé d'aller plus loin et de jouer un rôle dans le montage d'une start-up ou dans un partenariat avec une entreprise existante dans laquelle l'Ifremer aurait des parts. Je ne peux que me réjouir de voir l'Ifremer prendre un rôle plus important dans la chaîne de la valeur.

#### AURIEZ-VOUS UN CONSEIL À FORMULER À L'INSTITUT ?

Toute cette démarche repose sur des femmes et des hommes qui devront avoir envie de vivre cette aventure. Il faut donc encourager cet appétit pour monter des start-up et les développer. C'est souvent une décision difficile et qui peut paraître risquée. L'Ifremer soutient cette démarche et a confié à la Direction du développement de la valorisation et des partenariats économiques la mission d'aider les chercheurs entrepreneurs à développer leur initiative. Elle leur apporte un appui pour faire une analyse du marché, du modèle d'affaire, des barrières à l'entrée, pour fournir les compléments de compétences pour gérer une start-up (on s'en fait souvent un monde). Je ne saurais trop recommander aux chercheurs, quel que soit leur âge, de profiter des facilités d'essaimage qu'offre l'Ifremer, s'ils ont détecté une innovation qui rencontre un marché et que l'analyse faite avec la direction montre que l'entreprise est viable. Il est en effet paradoxal que l'univers de l'Ifremer, qui propose des accompagnements qu'on ne trouve pas si facilement ailleurs, ne motive que peu de chercheurs à se lancer dans une aventure qui, de toute façon, sera très enrichissante !



# PARTENARIATS EUROPÉENS ET INTERNATIONAUX

La visibilité et la reconnaissance de l'Ifremer au plan européen et international sont attestées par la diversité des partenariats et accords de coopération qui existent. L'Ifremer contribue à la *Joint programming initiative (JPI) Oceans*, plateforme intergouvernementale qui s'efforce de dynamiser et d'organiser au niveau international la recherche et l'innovation dans les sciences marines. Par ailleurs, l'institut continue de jouer un rôle important dans les instances européennes et internationales en y occupant des postes de responsabilité. En 2018, l'Ifremer s'est impliqué dans les initiatives de coordination à l'échelle régionale et aura, par son rôle d'animateur du sous-comité mixte franco-japonais en océanographie, contribué au dialogue maritime entre ces 2 pays.

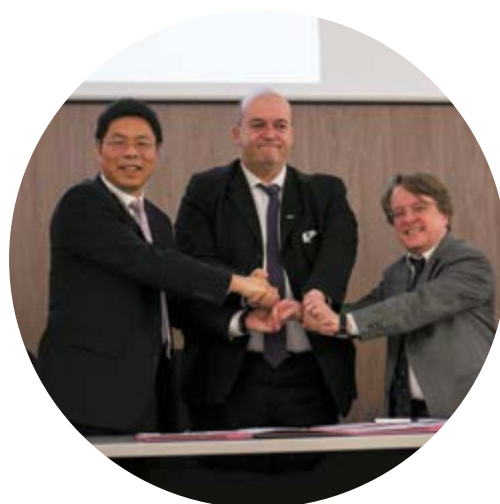
## LA VISIBILITÉ ET LA RECONNAISSANCE DE L'IFREMER AU PLAN EUROPÉEN ET INTERNATIONAL

En 2018, l'Ifremer a renouvelé ses accords pour cinq ans avec la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* et la *Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)*.

Les partenariats avec la Chine ont évolué récemment par des concrétisations comme la création d'un laboratoire international associé (LIA) en microbiologie marine.

Ce LIA a été créé en novembre 2018 après 10 années de coopération scientifique entre une unité mixte de recherche (CNRS, UBO et Ifremer) sur les environnements extrêmes et un laboratoire chinois de ressources biogénétiques marines basé à Xiamen.

Le partenariat européen est primordial pour l'Ifremer, et en particulier le programme cadre Horizon 2020. En 2018, l'institut aura déposé 34 projets H2020 dont 11 projets ont été acceptés.



FENG CAI, DIRECTEUR DU THIRD INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY OF THE STATE OCEANIC ADMINISTRATION OF CHINA, MATTHIEU GALLOU, PRÉSIDENT DE L'UBO, PATRICK VINCENT, DIRECTEUR GÉNÉRAL DÉLÉGUÉ DE L'IFREMER INAUGURENT LE LABORATOIRE INTERNATIONAL ASSOCIÉ FRANCO-CHINOIS DE MICROBIOLOGIE DES GRANDS FONDS (MICROBSEA). © S. Hervé/IUEM

## POLITIQUE MARITIME INTÉGRÉE DE L'UNION EUROPÉENNE

La politique maritime intégrée constitue une approche globale de toutes les politiques de l'Union européenne relatives à la mer. L'UE considère qu'en coordonnant ses politiques, elle peut davantage tirer profit des mers et des océans tout en diminuant l'impact sur l'environnement. Elle propose une stratégie par bassin maritime dont les agendas sont établis par des « CSA » (Action de support et de coordination). L'Ifremer s'implique dans ces initiatives de coordination à l'échelle régionale et s'appuie sur les politiques extérieures de l'Union européenne. À ce jour, l'Ifremer est présent dans toutes les CSA : Atlantique Nord, Atlantique Sud, Méditerranée, Manche/mer du Nord, mer Baltique et mer Noire en cours de préparation. L'Ifremer participe ainsi à la construction et à la mise en œuvre de la politique maritime européenne et ce, dans la durée. L'institut apporte une approche transversale de par sa connaissance de tous les bassins, créant ainsi une cohérence entre les différents niveaux concernés (régional, national, européen, international).

de la Nouvelle-Calédonie et des autres États insulaires de la région Océanie.

- Ces recommandations ont été officiellement transmises lors de la tenue du 27<sup>e</sup> sous-comité mixte franco-japonais sur l'océanographie coordonné par l'Ifremer pour la partie française et couvrant une quarantaine de projets de collaboration en science marine. Tous ces projets sont menés du côté français par des chercheurs du CNRS, de l'Ipev, de l'IRD, de l'Ifremer et des universités.
- Le dernier évènement majeur (décembre 2018) aura été celui de la participation de l'Ifremer au séminaire de lancement d'un « dialogue maritime », alliant sécurité, environnement et développement dans la zone indopacifique, à l'initiative des deux gouvernements qui ont exprimé leur volonté de renforcer le partenariat bilatéral d'exception afin de travailler au renforcement de la coopération franco-japonaise au service du développement « d'un espace indopacifique en paix, prospère et inclusif » où la recherche marine aura un rôle majeur.

## LA COOPÉRATION FRANCO-JAPONAISE À L'HEURE DU 'DIALOGUE MARITIME'

L'année 2018 aura été marquée par un ensemble cohérent d'événements mettant en exergue l'importance de la coopération franco-japonaise en sciences et techniques marines :

- Deux jours d'atelier entre l'Ifremer, le CNRS et JAMSTEC et diverses autres organisations japonaises afin de mener une réflexion commune sur la recherche dans les grands fonds marins et sur l'organisation des mégadonnées dans un contexte mondial. Cet atelier fait suite à deux ateliers préparatoires tenus en 2015 et 2017 entre la France, le Japon, la commission du Pacifique sud (CPS) et l'Autorité internationale pour les fonds marins (AIFM). Il recommande la constitution d'un projet commun d'observatoires de fond de mer dans le Pacifique Sud visant à déployer des observatoires autonomes (type EMSO) qui, à l'exemple du programme collaboratif Deep Sea Spy (Programme de Sciences participatives de l'Ifremer d'observation d'espèces vivantes des sources hydrothermales), pourraient permettre le développement de sciences participatives en sensibilisant les populations locales



CRINOÏDES ET CORAIL  
DANS L'OcéAN PACIFIQUE  
© Ifremer



## L'IFREMER AU SEIN DE L'EUROPEAN MARINE BOARD

### INTERVIEW DE JAN MEES, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'INSTITUT MARIN DES FLANDRES DE BELGIQUE

Professeur en biologie et écologie marine de l'université de Gand, Jan Mees est directeur général du VLIZ : Institut marin des Flandres de Belgique, depuis sa création en 1999. En 2014, Jan Mees a été élu président de l'*European Marine Board* (EMB) : forum stratégique paneuropéen dédié à la recherche et aux technologies marines. L'EMB élabore des documents de prospective pour la recherche marine, propose des analyses et des recommandations politiques à l'intention des institutions européennes.



© JJ Soenen S,V & Co

#### EN TANT QUE PRÉSIDENT DE L'EUROPEAN MARINE BOARD, COMMENT ENVISAGEZ-VOUS SON RÔLE EN TANT QUE GROUPE DE RÉFLEXION SUR LA POLITIQUE DES SCIENCES DE LA MER ?

L'EMB est le principal groupe de réflexion européen en matière de politique des sciences marines et occupe une place importante dans le processus de conseil qui sous-tend l'agenda de la recherche marine en Europe. Ce groupe d'expertise fournit à ses membres une plateforme produisant des conseils stratégiques, prêts à être utilisés par les décideurs et responsables de programmes de recherche nationaux et européens. L'EMB propose des procédures de prospective scientifique pour la science, la société et, bien sûr, pour ses membres. En tant qu'organe consultatif non gouvernemental indépendant, l'EMB participe au transfert des connaissances de la communauté scientifique vers les décideurs, ce qui renforce le leadership

de l'Europe en matière de recherche et de technologies marines. Comblé le fossé entre la science et la politique se fait en utilisant différentes approches. L'EMB identifie de manière stratégique les défis et les opportunités scientifiques par le biais d'activités de prospective, d'analyses et d'études en formulant des recommandations de haut niveau. L'EMB réunit des acteurs européens de la recherche marine afin de partager des connaissances, d'identifier des priorités communes, d'élaborer des positions communes et de collaborer.

Membre du conseil d'administration depuis sa création en 1995, l'Ifremer participe activement aux actions de l'EMB et l'accompagne depuis que celui-ci est devenu, en 2016, une association indépendante à but non lucratif.

#### QUELLE VALEUR ACCORDEZ-VOUS À LA PARTICIPATION DE L'IFREMER À L'EUROPEAN MARINE BOARD ?

Les délégués des organisations membres représentent les principales organisations associées à la recherche marine en Europe. Ils fournissent un aperçu de haut niveau des priorités des politiques scientifiques nationales, garantissent une expertise scientifique pluridisciplinaire de grande qualité, et proposent la mise en œuvre des recommandations stratégiques au niveau européen. Tout au long de l'histoire de l'EMB, l'Ifremer a joué un rôle de premier plan en tant que membre en ayant assuré des responsabilités de gouvernance (présidence, vice-présidence).

L'Ifremer est l'un des principaux instituts océanographiques d'Europe et même au niveau mondial. Il est absolument essentiel que l'institut soit au cœur du réseau et que nous puissions tirer parti de l'expertise de ses chercheurs. Nous espérons - dans notre intérêt mutuel - que ce partenariat solide soit maintenu dans le futur.

#### À CET ÉGARD, QUELLES SONT VOS ATTENTES VIS-À-VIS DE L'IFREMER POUR L'ORIENTATION DU FUTUR PROGRAMME DE RECHERCHE, HORIZON EUROPE PAR EXEMPLE ?

Il est important qu'aujourd'hui les sciences de la mer soient intégrées au cœur du programme de recherche et d'innovation de l'Europe. Ceci dépend des efforts nationaux et des réseaux européens et l'Ifremer est l'un des ambassadeurs reconnus dans ce domaine. Aujourd'hui, il faut préparer le prochain programme cadre et nous devons déployer des efforts collectifs pour souligner l'importance de la mer et des océans dans le futur budget d'Horizon Europe et appeler à une mission sur l'océan, intégrée au programme plus large des sciences et de l'innovation en Europe.

Il est clair que sans le développement durable des mers et des océans, de la pêche et de la mariculture, des écosystèmes marins résilients et une gouvernance des océans appropriée, nous ne serons pas en mesure de nourrir les 8 à 9 milliards de personnes sur la planète, ni d'utiliser de manière appropriée l'espace océanique au cours des prochaines décennies. La chaîne de valeur bleue et les multiples utilisations de l'espace marin ne seront valorisées que par le biais de projets de financement de la recherche et de l'innovation. Cela se traduira par une économie circulaire européenne forte et des innovations futures qui auront un impact et amélioreront la vie des citoyens européens.

Le document de politique phare de l'EMB, *Navigating the Future* (NFV), sera lancé au siège de l'Unesco

à Paris en juin prochain. Ce document mettra en exergue les recherches nécessaires pour comprendre l'océan à quatre dimensions (son évolution en 3D) et son rôle dans l'atténuation et l'adaptation au climat, l'impact de multiples facteurs de stress humains, l'impact d'événements extrêmes, suivre et modéliser ces changements, ainsi que l'importance de la science de la durabilité. Tous ces thèmes font partie des grandes lignes de la proposition d'Horizon Europe sur les mers et les océans. Nous préconisons donc de veiller à ce que les mers et les océans ne soient pas oubliés dans les débats parlementaires et les choix faits pour Horizon Europe. Au travers de l'EMB, l'Ifremer participe actuellement à la rédaction du NFV et après son lancement, nous espérons que ce document aidera à mettre en œuvre des priorités de recherche en sciences marines.



LA PLANÈTE, COULEUR BLEUE OCÉAN  
D'APRÈS LES IMAGES DU SATELLITE TERRA DE LA NASA



# COMMUNICATION

## L'IFREMER AUX ASSISES DE L'ÉCONOMIE DE LA MER

L'Ifremer était présent à cette édition 2018 des Assises de l'économie de la mer, grand rendez-vous du monde maritime. François Houllier a introduit l'événement par une série de questions réponses qui ont permis de présenter le projet stratégique de l'institut et ses grandes orientations aux partenaires institutionnels et économiques. Plusieurs chercheurs de l'institut participaient aux table-rondes, avec une intervention de Pierre-Marie Sarradin sur les environnements profonds et de Pascal Larnaud sur l'innovation dans les engins de pêche pour une meilleure sélectivité. L'institut aura su être présent grâce à son nouveau film institutionnel, plus en adéquation avec ses nouvelles missions. Il aura permis aux participants de tester sur son stand deux dispositifs immersifs innovants, l'un où l'utilisateur voit le contenu virtuel sur un petit écran lors de l'exploration de cheminées hydrothermales de grands fonds, et la capsule sonore Donvor, un des dispositifs développés avec le « Teatr Piba ».

## ÉCLAIRER LE DÉBAT PUBLIC

L'institut s'efforce d'apporter son expertise et de participer à la montée en compétences des acteurs de la société. Éclairer le débat public en apportant des connaissances scientifiques à jour, synthétiques et pertinentes, voici le but de la nouvelle rubrique mise en place sur le site internet grand public de l'institut.

Intitulée « Décryptage », elle donne des clés de compréhension aux médias mais aussi au citoyen pour se saisir de questions de société. En 2018, quatre sujets ont ainsi été traités. L'Ifremer a apporté des éléments de mise en perspective de l'avis du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) concernant le chalut à impulsions électriques et a également traité le sujet des plastiques rejetés en mer. Un bilan de cette expérimentation sera mené pour envisager sa pérennisation.



VISUEL DE PRÉSENTATION DU DISPOSITIF DE RÉALITÉ DÉPORTÉE, AUTOUR DE LA CHEMINÉE HYDROTHERMALE DU SITE LUCKY STRIKE. GRÂCE À CE DISPOSITIF, LE PUBLIC PEUT VIVRE L'EXPÉRIENCE D'UNE PLONGÉE DANS LES GRANDS FONDS © SO

## L'IFREMER PRÉSENT

### SUR LES NOUVEAUX MÉDIAS

Quelques beaux succès : sollicité par Marie Wild (« youtubeuse »), Stanislas Dubois a présenté les récifs d'hermelles, construits par des vers marins. La vidéo a atteint plus de 8 000 vues. Stanislas a aussi présenté les hermelles lors de la Fête de la Science de Paris.

Une vidéo d'une scientifique de l'Ifremer, Charlotte Corporeau sur le thème « l'huître peut-elle nous aider à combattre le cancer ? » diffusée sur la page Facebook de l'émission Thalassa puis partagée par une page à forte audience (M. Mondialisation) a permis d'atteindre plus de 420 000 vues ! La diffusion sur YouTube de la web série « *It's sea time* » a participé à l'augmentation du nombre d'abonnés à la chaîne de l'institut tout en offrant une vitrine à ses diverses activités scientifiques.

## AQUAKULTOR : L'AQUACULTURE EN SERIOUS GAME !

François Allal, chercheur Ifremer de l'unité mixte de recherche MARBEC (*Marine biodiversity, exploitation and conservation*), est à l'origine du design de puces génomiques pour le développement de la sélection génomique du bar. En collaboration avec Mathieu Besson, post doctorant à l'INRA, également amateur de jeux vidéos, François Allal a développé un « *serious game* » gratuit. Ce jeu, financé en grande partie sur ses budgets de recherche et produit en collaboration avec la société « *The One Man Army Game Studio* », est né de l'envie de faire connaître l'aquaculture et l'apport possible de la génétique pour parvenir à une filière durable à un public bien plus vaste qu'avec un média plus traditionnel. Le joueur peut ainsi utiliser la sélection génétique pour améliorer les rendements économiques et réduire les impacts environnementaux de sa ferme aquacole. Sans avoir la prétention d'être réaliste, le jeu s'appuie sur des connaissances zootechniques et génétiques acquises au centre Ifremer de Palavas-les-Flots ainsi qu'au cours de la thèse de Mathieu Besson. Aquakultor a déjà été téléchargé plus de 6 400 fois depuis le 24 août ! Ce média ludique est envisagé comme outil pédagogique à l'Université James Cook de Singapour et permet à des milliers de personnes de se familiariser avec les concepts d'aquaculture, de génétique et de durabilité.

## UNE RÉCOMPENSE

### POUR LE COURT-MÉTRAGE « CLIMATHUITRE »

Élodie Fleury, responsable du laboratoire de physiologie des invertébrés (LPI), a été récompensée par le festival international du film scientifique, Pariscience, pour son court-métrage « *Le réchauffement climathuitre* », réalisé en collaboration avec le réalisateur Étienne Husson. Lorsqu'Élodie a été contactée pour concourir pour le prix Symbiose, elle y a vu une opportunité originale de transmettre la passion de son métier, de désacraliser la vision du métier de chercheur et de vulgariser la vision globale qu'elle a des travaux réalisés au sein de son laboratoire. Challenge réussi puisque cette vidéo réalisée en moins de 48h a permis à Élodie d'expliquer clairement, en moins de 5 minutes, les résultats obtenus au LPI pendant plusieurs années. Une huître raconte ainsi le quotidien avec sa chercheuse, son rôle de « buvard de l'environnement », et l'impact des changements environnementaux sur son espèce. Une manière drôle et décalée de faire partager les préoccupations liées aux enjeux climatiques à de nouveaux publics et de sensibiliser les jeunes aux carrières scientifiques.

## ARTISTES ET SCIENTIFIQUES RÉUNIS PAR LES ABYSSES

Depuis plus de vingt ans, Pierre-Marie Sarradin, responsable de l'Unité Étude des écosystèmes profonds (EEP) et Jozée Sarrazin, chercheuse au Laboratoire Environnement Profond (LEP) explorent la mosaïque d'habitats composant les grands fonds avec toujours autant d'émotions et d'émerveillement. C'est la volonté de partager ces expériences pour faire connaître les fonds océaniques et contribuer à leur protection qui est à l'origine d'une collaboration originale avec le Teatr Piba de Brest. En 2017, une forme laboratoire appelée Spluj est née de cette véritable collaboration artistico-scientifique au long cours. Deux ans de résidence artistes/scientifiques lors de campagnes à la mer (transit valorisé et campagne Momarsat sur le navire océanographique *Pourquoi pas ?*) et d'expériences théâtrales pour aboutir à cette forme immersive de 25 minutes dans laquelle les spectateurs sont conviés à la première étape d'un voyage poétique et fantastique au plus profond des abysses. Véritables prémices à la création du futur spectacle, Spluj a été présenté à plusieurs

reprises lors de festivals pluridisciplinaires, d'ateliers de créations en milieux scolaires et universitaires et d'événements tels que le Cabaret de la Science à Paris dans le cadre de la Fête de la Science 2018. Fruit de cette expérience inédite de collaboration « art et science », le spectacle DONVOR verra le jour en janvier 2020.

Le Teatr Piba conviera le public à une aventure théâtrale radiophonique et sensorielle singulière, animée par le récit de l'auteur David Wahl ([www.donvor.blog](http://www.donvor.blog)) et de ses comparses qui nous amènera des grands fonds océaniques aux confins du monde occidental.



CHEMINÉE HYDROTHERMALE DU SITE LUCKY STRIKE. MOMAR2008. AU LARGE DES AÇORES, CE SITE EST UN DES SITES HYDROTHERMAUX LES PLUS ÉTENDUS DE CEUX QUI ONT ÉTÉ VISITÉS À CE JOUR DANS L'OcéAN MONDIAL. SA PROFONDEUR MOYENNE EST DE 1700 MÈTRES. LES FLUIDES HYDROTHERMAUX QUI Y SONT EXPULSÉS ONT DES TEMPÉRATURES COMPRISES ENTRE 170 ET 324°C.

© Ifremer

# RESSOURCES HUMAINES ET SERVICES SUPPORTS À LA RECHERCHE

## ORGANISATION DE L'INSTITUT : UNE ANNÉE DE TRANSITION

L'année 2018 a en effet été marquée par la préparation et l'accompagnement du transfert du siège social d'Issy-les-Moulineaux vers Brest et de la fermeture de la station de la Trinité-sur-Mer.

### TRANSFERT DU SIÈGE SOCIAL À BREST

L'institut a poursuivi le travail, engagé dès 2017, d'aide au reclassement des personnels du site d'Issy les Moulineaux, dont seulement 14 ont effectué une mobilité vers Brest. Grâce à la mobilisation des équipes de la direction des ressources humaines et à l'engagement de l'État et de ses opérateurs publics, une solution financière et humaine a été trouvée pour chacune des personnes concernées.

Le chantier de construction du futur bâtiment du siège de l'Ifremer a été lancé le 1<sup>er</sup> février 2018 pour une durée de 18 mois. Il consiste principalement en une réfection totale et une extension de l'ancien bâtiment de direction du Centre. Le nouveau bâtiment sera à la norme « Haute Qualité Environnementale » et disposera d'une production photovoltaïque pour 15% de ses besoins en électricité. Il hébergera environ 170 personnes représentant les services centraux et ceux de la direction du centre Bretagne. Les travaux de gros œuvre ont été terminés en octobre 2018. En sus de cette opération, le restaurant d'entreprise et le bâtiment d'entrée du site ont été rénovés et remis en service en octobre 2018.

Pendant la durée des travaux, le personnel des services appelés à être localisés dans le futur bâtiment sont logés dans des locaux provisoires.



VUE AÉRIENNE DU NOUVEAU BÂTIMENT EN CONSTRUCTION,  
AU SIÈGE DE L'IFREMER EN BRETAGNE  
© Ifremer - S. Lesbats

### FERMETURE DE LA STATION DE LA TRINITÉ-SUR-MER

Dans le cadre de la réorganisation du dispositif territorial de l'institut, la décision, prise en 2017, de fermer la station située à La Trinité-sur-Mer dans le Morbihan a été mise en œuvre en 2018. Afin d'héberger le personnel ayant fait le choix d'une mobilité vers la station de Lorient, des travaux d'aménagement ont été réalisés. Le laboratoire Environnement-Ressources « Morbihan – Pays

de la Loire» est désormais bi-localisé à Nantes et Lorient. Un hangar destiné à recevoir les équipements de prélèvement a été également implanté sur le site de la Station de Lorient.

Dans ce contexte, la direction des ressources humaines a dû relever plusieurs défis. Outre l'accompagnement des transferts de personnel, elle a dû reconstituer les équipes de la direction centrale (une seule personne sur 19 a été mobile sur Brest), tout en continuant à assurer ses missions auprès des différents acteurs de l'institut. En matière de dialogue social, la priorité a été donnée au fonctionnement régulier des instances et à la négociation annuelle sur les salaires qui a abouti à la signature d'un accord, avant la définition d'un agenda social ambitieux pour 2019.

## EFFECTIFS, RECRUTEMENT ET FORMATION

Au 31 décembre 2018, l'effectif de l'Ifremer compte 1474 salariés, dont 647 chercheurs et ingénieurs. La proportion de femmes au sein de l'institut reste relativement stable : elles représentent 46,68% de l'effectif total.

En 2018, l'activité de recrutement a été rythmée par l'intégration de 66 nouveaux collaborateurs, dont 79% de cadres. À titre exceptionnel, 50% de ces recrutements ont concerné les métiers des fonctions supports afin d'accompagner le transfert du siège, la mise en place de la nouvelle organisation de la direction administrative, juridique et financière et la création de la direction de la flotte océanographique.

En parallèle, conformément à notre politique de ressources humaines qui favorise le développement de la carrière professionnelle de nos salariés, 11 collaborateurs ont bénéficié d'une évolution dans le cadre de notre dispositif de mobilité interne.

Le développement des compétences est resté en 2018 un axe fort pour l'institut, avec un budget consacré à la formation professionnelle bien supérieur à l'obligation légale (2,59% de la masse salariale brute alors que l'obligation légale est de 1%). La part la plus importante de ce budget a été consacrée aux formations scientifiques et techniques, cœur de métier de l'institut.

Par ailleurs, une politique incitative de mobilisation du compte personnel de formation a été mise en œuvre auprès des salariés et a permis d'accroître

de façon conséquente le nombre de bénéficiaires, principalement pour des formations en langues. L'institut a également renforcé sa politique volontariste en matière d'alternance en intégrant 38 nouveaux collaborateurs en contrat d'apprentissage ou de professionnalisation, soit +65% par rapport à l'année précédente.

## MISE EN CONFORMITÉ DE L'IFREMER AU RÈGLEMENT GÉNÉRAL DE LA PROTECTION DES DONNÉES (RGPD)

Dès le début de l'année 2018, l'institut, souhaitant anticiper au mieux l'échéance du 25 mai 2018 (date de mise en application du RGPD) a nommé une équipe dédiée, rédigé un plan de gestion de projet et élaboré un plan d'actions spécifique comportant la réalisation de sessions de formation pour l'équipe et l'élaboration d'un premier registre de traitements pour chaque direction de l'institut. Dès le mois de mai, le registre de traitements a été complété, un site Intranet RGPD a été élaboré et un délégué à la protection des données a été nommé.

Plusieurs actions de sensibilisation auprès des personnels ont été effectuées :

- Formation des personnels directement concernés par le RGPD (direction des ressources humaines, pôle accompagnement, ...);
- Mise en ligne du registre de traitements sur l'intranet RGPD;
- Diffusion d'une note précisant le cadre juridique du RGPD à l'Ifremer;
- Envoi postal d'une lettre d'information précisant le contexte des traitements des données à caractère personnel à l'Ifremer.

D'autres actions liées à la mise en application du RGPD ont été initiées dont la révision de la charte informatique, la création d'une Politique de sécurité des systèmes d'information (PSSI), la création d'un portail sécurisé d'assistance pour les demandes d'assistance ou d'informations, la révision des clauses contractuelles liées à la sous-traitance de traitements de DCP et l'amélioration de la signalétique des lieux sous vidéo-surveillance. L'Ifremer s'est également rapproché d'autres instituts afin de favoriser les synergies et les pratiques. Ainsi, des échanges ont pu s'établir notamment avec des partenaires tels que l'IFPEN, l'IRSN, le Shom et le Cirad.

## QUALITÉ : RENOUVELLEMENT DE LA CERTIFICATION AFNOR

Huit ans après la première certification et suite à la transition réussie vers les nouvelles exigences de la version 2015 du référentiel ISO 9001, la démarche Qualité de l'Ifremer s'adapte à l'organisation interne, se simplifie et gagne en maturité. La documentation de plusieurs processus a été revue pour adopter une approche plus simple, prenant en compte les évolutions constatées - par exemple la démarche InOcéan - et intégrant les résultats des audits. En parallèle, les huit risques majeurs auxquels l'institut doit faire face ont été déterminés, formalisés puis évalués ; les actions de maîtrise associées ont été initiées. Cet exercice a ensuite été décliné au niveau de chaque processus. Grâce à ces adaptations, le système qualité mis en place gagne en appropriation.

Deux nouveaux projets lancés en 2018 permettront de renforcer cette maturité :

- le premier s'intéresse à la mise en place d'une gestion électronique des documents de référence de l'institut ;
- le second concerne la création d'un système qualité unique dédié aux laboratoires accrédités selon la norme ISO 17025 en réponse au contexte réglementaire de la mission d'appui aux politiques publiques attribuée à l'institut.

À l'issue d'un audit mobilisant les équipes de deux sites outre-mer et cinq sites métropolitains, le certificat de conformité au référentiel ISO 9001 a été renouvelé pour une durée de trois ans jusqu'en 2021. Les auditeurs ont notamment identifié comme points forts, le dynamisme réel dans la mise en œuvre et l'amélioration des processus associés à un fort *leadership* de leur pilote.

## DONNÉES BUDGÉTAIRES ET FINANCIÈRES

L'exécution budgétaire se traduit par un résultat excédentaire de 17,8 millions d'euros et un apport en fonds de roulement de 11,4 millions d'euros.

### LES RESSOURCES

L'ensemble des produits de l'institut s'est élevé à 235,4 millions d'euros sur l'exercice 2018 :

- Les subventions publiques (pour charges de service public et de fonctionnement en provenance de l'État et autres entités publiques) se sont élevées à 204,7 millions d'euros, en augmentation par rapport à 2017, en raison, notamment de l'incorporation de la flotte océanique au sein de l'institut à compter de 2018,
- Les produits directs d'activité se sont élevés à 15,2 millions d'euros, contre 14,6 millions d'euros en 2017,
- L'institut a par ailleurs comptabilisé 10,8 millions d'euros de subventions d'investissement destinées à participer au financement des projets de l'Ifremer.

### LES DÉPENSES

L'ensemble des charges de l'institut s'est élevé à 217,6 millions d'euros sur l'exercice 2018 :

- Les charges liées directement à l'activité se sont élevées à 88 millions d'euros,
- Les charges de personnel s'établissent à 98,4 millions d'euros. Les effectifs s'établissent à 1 521 ETPT,
- Les autres charges liées au fonctionnement de l'institut (fonctionnement, intervention et financières) se sont élevées à 12,3 millions d'euros,
- Les dotations aux amortissements s'élèvent à 19,8 millions d'euros,
- Les dépenses d'investissement se sont par ailleurs élevées à 22,3 millions d'euros.

### LA SITUATION PATRIMONIALE

Le total du bilan s'établit à 355,7 millions d'euros à fin 2018. Les éléments principaux à retenir sont :

- Une trésorerie s'établissant à 66,1 millions d'euros,
- Des créances sur les financeurs et les clients s'établissant à 61 millions d'euros, en hausse de 4 millions par rapport à 2017. Cette situation s'explique par les demandes de liquidation des subventions portant sur des projets importants non soldées à la fin de l'exercice,
- Un actif immobilisé net valorisé à 228,5 millions d'euros, en hausse de 6 millions d'euros,
- Des dettes fournisseurs évaluées à 20,1 millions d'euros, en baisse par rapport à 2017.



## LE DÉNOUEMENT BUDGÉTAIRE DE L'EXERCICE 2018

DÉPENSES	BR3 2018		CF 2018	
	AE	CP	AE	CP
	<b>Personnel</b>	<b>135 749 000</b>	<b>135 749 000</b>	<b>131 545 022</b>
<i>dont contributions employeur au CAS Pension</i>	771 600	771 600	620 374	620 374
<b>Fonctionnement</b>	<b>72 368 112</b>	<b>76 354 922</b>	<b>67 976 740</b>	<b>72 854 963</b>
<b>Intervention</b>				
<b>Investissement</b>	<b>31 481 430</b>	<b>27 560 065</b>	<b>30 341 909</b>	<b>26 741 824</b>
<b>TOTAL DES DÉPENSES AE (A) CP (B)</b>	<b>239 598 542</b>	<b>239 663 987</b>	<b>229 863 671</b>	<b>231 007 142</b>
<b>SOLDE BUDGÉTAIRE (excédent) (D1 = C - B)</b>		<b>5 501 056</b>		<b>8 646 554</b>

Les autorisations d'engagement (AE) se sont établies en 2018 à 229,9 millions d'euros, soit une réalisation globale de 96% de la prévision. Les Crédits de Paiement (CP) ont été utilisés à hauteur de 231 millions d'euros, soit 96 % de la prévision.

RECETTES	BR3 2018	CF 2018	
	<b>223 209 162</b>	<b>227 743 071</b>	<b>Recettes globalisées</b>
167 177 545	167 177 545	Subvention pour charges de service public	
14 253 753	12 838 652	Autres financements de l'État	
-		Fiscalité affectée	
34 152 598	33 100 245	Autres financements publics	
7 625 266	14 626 629	Recettes propres	
<b>21 955 881</b>	<b>11 910 624</b>	<b>Recettes fléchées*</b>	
8 816 357	1 047 625	Financements de l'État fléchés	
13 139 524	10 863 000	Autres financements publics fléchés	
		Recettes propres fléchées	
<b>245 165 043</b>	<b>239 653 696</b>	<b>TOTAL DES RECETTES (C)</b>	
-	-	<b>SOLDE BUDGÉTAIRE (déficit) (D2 = B - C)</b>	

Les recettes encaissées se sont élevées à 239,7 millions d'euros, soit 98% de la prévision. Le solde budgétaire est donc en excédent de 8,6 millions d'euros pour 2018. La répartition budgétaire par grands domaines de l'institut se répartit comme suit :

BUDGET	DÉPENSES									
	Personnel		Fonctionnement		Intervention (le cas échéant)		Investissement		Total	
	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE (A)	CP (B)
Do1 SCIENCES	87 049 600	86 941 495	21 910 312	25 865 470			7 571 085	12 229 040	<b>116 530 996</b>	<b>125 036 005</b>
Do2 SUPPORTS	21 388 791	21 362 229	16 145 353	19 739 088			10 419 851	9 306 608	<b>47 953 996</b>	<b>50 407 925</b>
Do3 AUTRES			589 736	978 385			6 767 339	2 779 672	<b>7 357 075</b>	<b>3 758 057</b>
Do4 FLOTTE	23 106 631	23 106 631	29 331 340	26 272 020			5 583 634	2 426 504	<b>58 021 605</b>	<b>51 805 155</b>
<b>TOTAL</b>	<b>131 545 022</b>	<b>131 410 355</b>	<b>67 976 740</b>	<b>72 854 963</b>	-	-	<b>30 341 909</b>	<b>26 741 824</b>	<b>229 863 671</b>	<b>231 007 142</b>

Il convient de noter que les sciences représentent 51 % des budgets de l'Ifremer, la flotte 25 % et les fonctions supports 24%.

En conclusion, la situation financière de l'Ifremer est saine. L'institut dispose des outils financiers nécessaires à la poursuite des projets immobiliers qui ont été lancés et des réserves financières suffisantes pour assurer la poursuite des projets scientifiques en cours et pour en assurer le lancement de nouveaux.

---

# ANNEXES

---

## BILAN A LA CLÔTURE AVANT AFFECTATION DU RÉSULTAT (€)

BILAN - ACTIF	2018			2017		ÉVOLUTION
	BRUT	AMORTISSEMENTS ET DÉPRÉCIATIONS	NET	NET		
<b>ACTIF IMMOBILISÉ</b>						
<b>IMMOBILISATIONS INCORPORELLES</b>						
Frais d'établissement	13 270,16	13 270,16	0,00	0,00	-	
Frais de recherche et développement	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Concessions et droits similaires, brevets, licences, marques, procédés, logiciels, droits et valeurs similaires	38 614 465,03	33 473 145,03	5 141 320,00	6 107 301,00	-15,8 %	
Fonds commercial	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Autres immobilisations incorporelles	208 522,16	208 522,16	0,00	0,00	-	
Immobilisations incorporelles en cours	6 104 762,45		6 104 762,45	5 980 724,06	2,1 %	
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations incorporelles	6 408 210,67		6 408 210,67	5 003 325,16	28,1 %	
<b>TOTAL - IMMOBILISATIONS INCORPORELLES</b>	<b>51 349 230,47</b>	<b>33 694 937,35</b>	<b>17 654 293,12</b>	<b>17 091 350,22</b>	<b>3,3 %</b>	
<b>IMMOBILISATIONS CORPORELLES</b>						
Terrains, agencements et aménagements de terrains	8 424 187,24	1 661 404,18	6 762 783,06	6 824 219,06	-0,9 %	
Constructions	120 240 990,42	77 738 178,42	42 502 812,00	43 714 555,00	-2,8 %	
Installations techniques, matériels, et outillage	345 697 813,46	267 654 133,46	78 043 680,00	81 812 298,00	-4,6 %	
Collections	872 856,49		872 856,49	872 856,49	0 %	
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Autres immobilisations corporelles	30 974 731,10	29 633 441,10	1 341 290,00	1 839 532,00	-27,1 %	
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Immobilisations corporelles en cours	8 541 478,31		8 541 478,31	8 496 395,41	0,5 %	
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations corporelles	65 414 297,80		65 414 297,80	53 429 645,34	22,4 %	
Immobilisations corporelles (biens vivants)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
<b>TOTAL - IMMOBILISATIONS CORPORELLES</b>	<b>580 166 354,82</b>	<b>376 687 157,16</b>	<b>203 479 197,66</b>	<b>196 989 501,30</b>	<b>3,3 %</b>	
<b>IMMOBILISATIONS FINANCIÈRES</b>						
Titres de participation	861 941,68	85 981,68	775 960,00	487 692,08	59,1 %	
Autres formes de participation (Quae)	125 000,00	4 470,38	120 529,62	125 000,00	-3,6 %	
Créances rattachées à des participations	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Titres immobilisés	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Prêts	5 783 610,65	0,00	5 783 610,65	5 860 301,28	-1,3 %	
Dépôts et cautionnements versés	640 399,76	0,00	640 399,76	640 399,76	0 %	
<b>TOTAL IMMOBILISATIONS FINANCIÈRES</b>	<b>7 410 952,09</b>	<b>90 452,06</b>	<b>7 320 500,03</b>	<b>7 113 393,12</b>	<b>2,9 %</b>	
<b>TOTAL ACTIF IMMOBILISÉ</b>	<b>638 926 537,38</b>	<b>410 472 546,57</b>	<b>228 453 990,81</b>	<b>221 194 244,64</b>	<b>3,3 %</b>	
<b>ACTIF CIRCULANT</b>						
<b>TOTAL STOCK ET EN-COURS</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>	
<b>TOTAL AVANCES ET ACOMPTES VERSÉS SUR COMMANDE</b>	<b>4 231 535,86</b>		<b>4 231 535,86</b>	<b>393 147,90</b>	<b>976,3 %</b>	
<b>CRÉANCES</b>						
Créances clients et comptes rattachés	5 585 584,42	1 057 445,51	4 528 138,91	8 182 546,54	-44,7 %	
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques) des organismes internationaux et la Commission européenne	52 025 212,93		52 025 212,93	56 198 992,81	-7,4 %	
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00		0,00	0,00	-	
Créances correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00		0,00	0,00	-	
Créances sur les autres débiteurs	383 561,96	0,00	383 561,96	227 821,91	68,4 %	
<b>TOTAL CRÉANCES</b>	<b>57 994 359,31</b>	<b>1 057 445,51</b>	<b>56 936 913,80</b>	<b>64 609 361,26</b>	<b>-11,9 %</b>	
<b>DISPONIBILITÉS</b>						
Actions (Titres cotés)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Autres titres	0,00	0,00	0,00	0,00	-	
Banque	66 076 732,78		66 076 732,78	46 303 976,02	42,7 %	
<i>dont banques privées</i>	135 613,00		135 613,00	23 116,19	486,7 %	
<i>dont Direction Générale des Finances Publiques</i>	65 941 119,78		65 941 119,78	46 262 292,28	42,5 %	
Caisse	19,56		19,56	19,56	0 %	
Régies d'avance	40 700,00		40 700,00	43 449,87	-6,3 %	
Régies de recette	0,00		0,00	0,00	-	
<b>TOTAL DISPONIBILITÉS</b>	<b>66 117 452,34</b>	<b>0,00</b>	<b>66 117 452,34</b>	<b>46 347 445,45</b>	<b>42,7 %</b>	
<b>RÉGULARISATIONS</b>						
Charges constatées d'avance	0,00		0,00	0,00	-	
Écarts de conversion Actif	-428,90		-428,90	-0,23	186378,3 %	
<b>TOTAL RÉGULARISATIONS</b>	<b>-428,90</b>	<b>0,00</b>	<b>-428,90</b>	<b>-0,23</b>	<b>186378,3 %</b>	
<b>TOTAL ACTIF CIRCULANT</b>	<b>128 342 918,61</b>	<b>1 057 445,51</b>	<b>127 285 473,10</b>	<b>111 349 954,38</b>	<b>14,3 %</b>	
<b>TOTAL ACTIF</b>	<b>767 269 455,99</b>	<b>411 529 992,08</b>	<b>355 739 463,91</b>	<b>332 544 199,02</b>	<b>7 %</b>	

## BILAN A LA CLÔTURE AVANT AFFECTATION DU RÉSULTAT (€)

BILAN - PASSIF	2018	2017	ÉVOLUTION
<b>FONDS PROPRES</b>			
<b>CAPITAL</b>			
<b>FINANCEMENTS REÇUS</b>			
Financements de l'État non rattachés à des actifs	0,00	0,00	-
Financements de l'État rattachés à des actifs	124 714 671,20	131 072 975,14	-4,9 %
Financements de l'actif par des tiers autres que l'État	30 915 921,75	25 944 995,59	19,2 %
<i>dont reprise au résultat des financements</i>	383 522 782,54	381 198 024,49	0,6 %
<b>TOTAL - FINANCEMENTS REÇUS</b>	<b>155 630 592,95</b>	<b>157 017 970,73</b>	<b>-0,9 %</b>
<b>TOTAL - ÉCARTS DE RÉÉVALUATION</b>	<b>16 299 666,98</b>	<b>16 299 666,98</b>	<b>0 %</b>
<b>RÉSERVES</b>			
Réserve légale	0,00	0,00	-
Réserves réglementées	0,00	0,00	-
Autres réserves	35 510 661,75	35 510 661,75	0 %
<i>dont réserves facultatives</i>	35 510 661,75	35 510 661,75	0 %
<b>TOTAL - RÉSERVES</b>	<b>35 510 661,75</b>	<b>35 510 661,75</b>	<b>0 %</b>
<b>REPORT A NOUVEAU</b>	<b>30 096 353,68</b>	<b>11 172 693,73</b>	<b>169,4 %</b>
<b>RÉSULTAT DE L'EXERCICE (BÉNÉFICE OU PERTE)</b>	<b>17 765 173,22</b>	<b>18 923 659,95</b>	<b>-6,1 %</b>
<b>PROVISIONS RÉGLEMENTÉES</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL FONDS PROPRES</b>	<b>255 302 448,58</b>	<b>238 924 653,14</b>	<b>6,9 %</b>
<b>PROVISIONS</b>			
Provisions pour risques	3 999 742,91	2 200 820,00	81,7 %
Provisions pour charges	16 299 930,48	15 741 582,87	3,5 %
<i>dont provisions pour pensions et obligations similaires</i>	12 814 948,26	12 894 957,10	-0,6 %
<i>dont provisions pour allocation perte d'emploi et indemnités de licenciement</i>	2 610 276,33	1 868 828,91	39,7 %
<i>dont autres provisions pour charges - autres</i>	874 705,89	977 796,86	-10,5 %
<b>TOTAL PROVISIONS</b>	<b>20 299 673,39</b>	<b>17 942 402,87</b>	<b>13,1 %</b>
<b>DETTES</b>			
<b>DETTES FINANCIÈRES</b>			
Emprunts et dettes assimilées	0,00	31 323,00	-
<i>dont dépôts et cautionnement reçus - dépôts</i>	0,00	31 323,00	-
Dettes rattachées à des participations	3 448,41	3 448,41	0 %
<i>dont dettes rattachées à des sociétés en participation - Tahiti</i>	3 448,41	3 448,41	0 %
<b>TOTAL DETTES FINANCIÈRES</b>	<b>3 448,41</b>	<b>34 771,41</b>	<b>-90,1 %</b>
<b>DETTES NON FINANCIÈRES</b>			
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	20 111 863,61	26 116 404,83	-23 %
Dettes fiscales et sociales	24 636 481,24	24 058 645,18	2,4 %
<i>dont dettes personnel et comptes rattachés</i>	10 837 224,72	10 505 591,39	3,2 %
<i>dont Sécurité sociale et organismes sociaux</i>	11 720 456,23	9 671 165,63	21,2 %
Avances et acomptes reçus	26 359 318,77	22 337 132,45	18 %
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	227 578,24	151 800,53	49,9 %
Autres dettes non financières	8 614 332,64	2 723 941,38	216,2 %
<b>TOTAL DETTES NON FINANCIÈRES</b>	<b>79 949 574,50</b>	<b>75 387 924,37</b>	<b>6,1 %</b>
<b>TRÉSORERIE</b>			
Éléments de trésorerie passive	9,95	478,69	-97,9 %
<b>TOTAL TRÉSORERIE</b>	<b>9,95</b>	<b>478,69</b>	<b>-97,9 %</b>
<b>RÉGULARISATIONS</b>			
Produits constatés d'avance	184 309,08	253 968,54	-27,4 %
Comptes de régularisations	0,00	0,00	-
<b>TOTAL RÉGULARISATIONS</b>	<b>184 309,08</b>	<b>253 968,54</b>	<b>-27,4 %</b>
<b>TOTAL DETTES</b>	<b>80 137 341,94</b>	<b>75 677 143,01</b>	<b>5,9 %</b>
<b>TOTAL ÉCARTS DE CONVERSION PASSIF</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL PASSIF</b>	<b>355 739 463,91</b>	<b>332 544 199,02</b>	<b>7 %</b>

## RÉSULTAT (€) - PARTIE 1

	2018	2017	ÉVOLUTION
<b>CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION</b>			
<b>CHARGES DE FONCTIONNEMENT</b>			
Achats	0,00	0,00	-
<b>Consommation de marchandises et approvisionnements, réalisation de travaux et consommation directe de service par l'organisme au titre de son activité ainsi que les charges liées à la variation des stocks</b>	<b>88 063 411,36</b>	<b>65 040 044,81</b>	<b>35,4 %</b>
<b>Charges de personnel</b>	<b>98 446 226,97</b>	<b>96 150 114,96</b>	<b>2,4 %</b>
Salaires, traitements et rémunérations diverses	66 385 328,40	64 276 858,81	3,3 %
Charges sociales	26 938 946,79	26 970 852,57	-0,1 %
Intéressement et participation	0,00	0,00	-
Autres charges de personnel	5 121 951,78	4 902 403,58	4,5 %
<b>Autres charges de fonctionnement</b>	<b>11 173 069,70</b>	<b>10 495 906,65</b>	<b>6,5 %</b>
<b>Dotations aux amortissements, dépréciations, provisions et valeurs nettes comptables des actifs cédés</b>	<b>19 804 143,11</b>	<b>16 741 125,59</b>	<b>18,3 %</b>
<b>TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT</b>	<b>217 486 851,14</b>	<b>188 427 192,01</b>	<b>15,4 %</b>
<b>CHARGES D'INTERVENTION</b>			
<b>Dispositifs d'intervention pour compte propre</b>	<b>41 077,87</b>	<b>1 429 356,72</b>	<b>-97,1 %</b>
<b>Transfert aux ménages</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>Transferts aux entreprises</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>Transferts aux collectivités territoriales</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>Transferts aux autres collectivités</b>	<b>41 077,87</b>	<b>1 429 356,72</b>	<b>-97,1 %</b>
<b>Charges résultant de la mise en jeu de la garantie de l'organisme</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>Dotations aux provisions et dépréciations</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL CHARGES D'INTERVENTION</b>	<b>41 077,87</b>	<b>1 429 356,72</b>	<b>-97,1 %</b>
<b>TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION</b>	<b>217 527 929,01</b>	<b>189 856 548,73</b>	<b>14,6 %</b>
<b>PRODUITS DE FONCTIONNEMENT</b>			
<b>Produits sans contrepartie directe (ou subventions et produits assimilés)</b>	<b>204 712 348,36</b>	<b>177 797 957,92</b>	<b>15,1 %</b>
Subventions pour charges de service public	172 137 404,33	154 384 174,00	11,5 %
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	32 509 944,03	23 386 783,92	39 %
Subventions spécifiquement affectées au financement de certaines charges d'intervention en provenance de l'État et des autres entités publiques	0,00	0,00	-
Dons et legs	65 000,00	27 000,00	140,7 %
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00	-
<b>Produits avec contrepartie directe (ou produits directs d'activité)</b>	<b>15 192 034,81</b>	<b>14 616 431,54</b>	<b>3,9 %</b>
Ventes de biens ou prestations de services	13 472 931,80	12 420 273,97	8,5 %
Produits de cessions d'éléments d'actif	5 500,01	310 000,00	-98,2 %
Autres produits de gestion	1 713 603,00	1 064 292,42	61 %
Production stockée et immobilisée	0,00	821 865,15	-
<b>Autres produits</b>	<b>15 156 848,66</b>	<b>16 079 634,86</b>	<b>-5,7 %</b>
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	2 724 773,39	2 968 426,46	-8,2 %
Reprises du financement rattaché à un actif	12 432 075,27	13 111 208,40	-5,2 %
<b>TOTAL PRODUITS DE FONCTIONNEMENT</b>	<b>235 061 231,83</b>	<b>208 494 024,32</b>	<b>12,7 %</b>

## RÉSULTAT (€) - PARTIE 2

	2018	2017	ÉVOLUTION
<b>CHARGES FINANCIÈRES</b>			
Charges d'intérêt	24 393,88	14 751,65	65,4 %
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	-
Pertes de change	22 428,39	14 282,61	57 %
Autres charges financières	0,00	0,00	-
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	21 409,66	0,00	-
<b>TOTAL CHARGES FINANCIÈRES</b>	<b>68 231,93</b>	<b>29 034,26</b>	<b>135 %</b>
<b>PRODUITS FINANCIERS</b>			
Produits des participations et des prêts	281 189,24	273 167,25	2,9 %
Produits nets sur cessions des immobilisations financières			-
Intérêts sur créances non immobilisées	0,00	0,00	-
Produits des valeurs mobilières de placement et de la trésorerie	0,00	0,00	-
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	-
Gains de change	20 929,89	21 812,37	-4 %
Autres produits financiers	0	0	-
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	3 857,20	87 480,00	-95,6 %
<b>TOTAL PRODUITS FINANCIERS</b>	<b>305 976,33</b>	<b>382 459,62</b>	<b>-20 %</b>
<b>Impôts sur les sociétés</b>	<b>5 874,00</b>	<b>67 241,00</b>	<b>-91,3 %</b>
<b>RÉSULTAT BRUT</b>	<b>17 765 173,22</b>	<b>18 923 659,95</b>	<b>-6,1 %</b>
<b>TOTAL - PRODUITS</b>	<b>235 367 208,16</b>	<b>208 876 483,94</b>	<b>12,7 %</b>
<b>TOTAL - CHARGES</b>	<b>217 596 160,94</b>	<b>189 885 582,99</b>	<b>14,6 %</b>
<b>BÉNÉFICE (+) OU PERTE (-)</b>	<b>17 765 173,22</b>	<b>18 923 659,95</b>	<b>-6,1 %</b>



## CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 31 DÉCEMBRE 2018

### PRÉSIDENT

**François HOULLIER**, Président-Directeur général

### MEMBRES REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR,  
DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

**Bernard COMMÈRE**

Suppléant : **Didier MARQUER**

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

**Fabienne RICARD**

Suppléant : **Isabelle TERRIER**

**Laurent BERGEOT**

Suppléant : **Marie-Laure BAILLY MAITRE**

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

**Laurent BOUVIER**

Suppléant : **Benoît ARCHAMBAULT**

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

**Contre-amiral Nicolas VAUJOUR**

Suppléant : **Capitaine de vaisseau Lionel PILLAN**

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES

**Nicolas HENGY**

MINISTÈRE CHARGÉ DE L'INDUSTRIE

**Guillaume LACROIX**

Suppléant : **Robert DJELLAL**

MINISTÈRE DE L'EUROPE ET DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

**Clélia Chevrier KOLACKO**

Suppléant : **Anisse BEN YOUNES**

### MEMBRES CHOISIS

POUR LEURS COMPÉTENCES  
DANS LES DOMAINES PROCHES  
DE CEUX DE L'IFREMER

**Julien LAMOTHE**, Association Nationale des  
Organisations de Producteurs

**Michel EDDI**, Président du CIRAD

**Françoise MÉCHIN**, IFP Énergies nouvelles

**Stéphanie THIÉBAULT**, Directrice de l'institut  
Ecologie et environnement, CNRS

### REPRÉSENTANTS ÉLUS

DU PERSONNEL DE L'IFREMER

CFDT **Jean TOURNADRE**

**Loïc LE DEAN**

**Catherine SATRA LE BRIS**

**Cathy TRÉGUIER**

**Loïc PETIT DE LA VILLEON**

CGT **Carla SCALABRIN**

**Joël KNOERY**

### MEMBRES AVEC VOIX CONSULTATIVE

PRÉSIDENT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DE L'IFREMER

**Patrick LANDAIS**

MINISTÈRE DES OUTRE-MER

**Christiane LAURENT-MONPETIT**

COMMISSAIRE DU GOUVERNEMENT

**Damien ROUSSET**

CONTRÔLE GÉNÉRAL ÉCONOMIQUE ET FINANCIER

**Philippe DEBET**

AGENT COMPTABLE PRINCIPAL DE L'IFREMER

**Yves JANIN**

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA MER

**Vincent BOUVIER**

## COMITÉ SCIENTIFIQUE AU 31 DÉCEMBRE 2018

### PRÉSIDENT

**Patrick LANDAIS**

Directeur délégué à l'innovation et au développement de l'ANDRA

### MEMBRES NOMMÉS PAR ARRÊTÉ CONJOINT DES MINISTRES DE TUTELLES

**Denis ALLEMAND**

Directeur scientifique du Centre scientifique de Monaco

**Chris BOWLER**

Directeur de recherche CNRS, École normale supérieure, directeur de la section Génomique environnementale et évolutive

**Francesco CHIOCCI**

Professeur à l'université La Sapienza, dép. Sciences de la Terre, Rome

**Pascale DELÉCLUSE**

Directrice de l'INSU au CNRS

**Marion GEHLEN**

Directrice de recherche CEA, laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, Gif-sur-Yvette

**Peter HERMAN**

Senior Adviser, Deltares, Delft, Pays-Bas

**François LALLIER**

Directeur de l'UMR Adaptation et diversité en milieu marin, université Pierre et Marie Curie, Roscoff

**Marina LÉVY**

Directrice de recherche CNRS, laboratoire d'océanographie et du climat: expérimentations et approches numériques. Institut Pierre Simon Laplace, Paris

**Jean-Marie MOUCHEL**

Professeur, université Pierre et Marie Curie, Paris, directeur du programme Piren Seine

**Fabienne PETIT**

Professeur, université de Rouen, directrice de la Fédération Sciences appliquées à l'environnement

**Edwige QUILLET**

Directrice de recherche INRA, responsable de l'équipe Génétique en aquaculture, UMR GABI, Jouy-en-Josas

**Hélène REY-VALETTE**

Maître de conférences, UMR Lameta, Faculté d'économie, Montpellier

### MEMBRES ÉLUS DU PERSONNEL IFREMER

**Jean-François PÉPIN**, titulaire

**Marie-Anne CAMBON BONAVITA**, suppléante

**Caroline MONTAGNANI**, titulaire

**Christophe DESBOIS**, suppléant

**Julien NORMAND**, titulaire

**Ricardo DA SILVA JACINTO**, suppléant

### INVITÉS PERMANENTS

**François CARLOTTI**

Animateur du Groupe de travail Mer, CNRS/INSU Atmosphère et Mer

**Thomas CHANGEUX**

GT Mer AllEnvi, Comité outre-mer, IRD

**Jacqueline GARNIER-LAPLACE**

GT Risques AllEnvi, directrice du département Recherche et expertise sur les risques environnementaux, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

**Didier GASCUEL**

GT Mer AllEnvi, Directeur du Pôle Halieutique Agrocampus Ouest

**Yves-Marie PAULET**

GT Mer AllEnvi, Professeur, université de Bretagne occidentale, Brest

**Sylvie REBUFFAT**

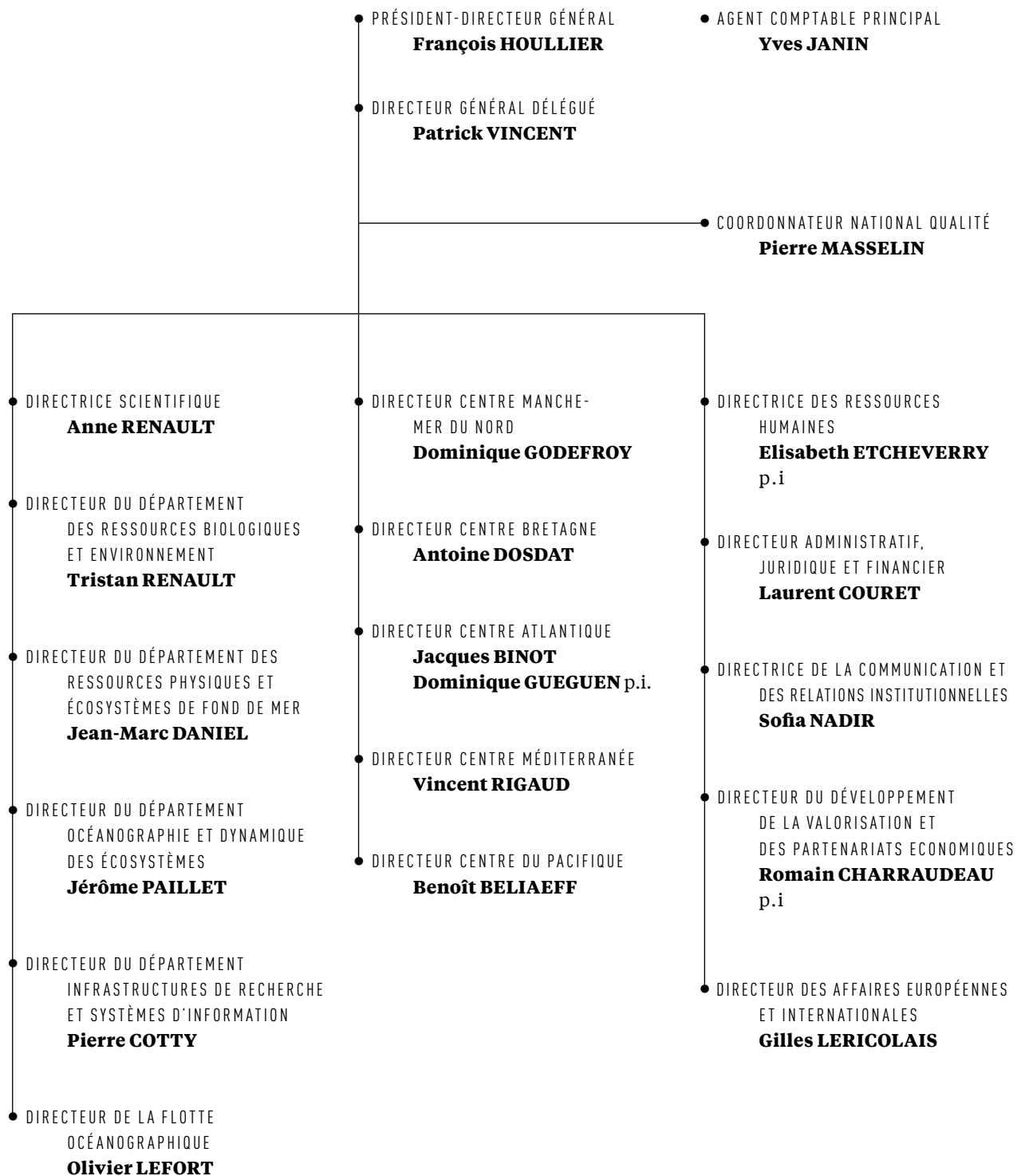
Professeure, Muséum national d'Histoire naturelle, Comité de pilotage scientifique d'AllEnvi

### SECRÉTAIRE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

**Anne RENAULT**

Directrice scientifique

## ORGANIGRAMME DE L'IFREMER AU 1<sup>ER</sup> JANVIER 2019





1625 route de Sainte-Anne  
zone industrielle de la pointe du diable  
29280 Plouzané

tél. 02 98 22 40 40  
[www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)



Remerciements à l'ensemble des personnes  
des unités de recherche et des services de l'Ifremer  
ayant contribué à la réalisation de ce document

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 115g (50% FSC, 50% recyclé)



