

Ifremer

Bilan
2019

UNE ANNÉE AVEC L'IFREMER



UNE ANNÉE AVEC L'IFREMER



Ifremer

Bilan
2019

**Ce rapport d'activité est le premier
du Contrat d'objectifs et de performance
État-Ifremer 2019-2023.**

Il trace la voie pour l'institut autour de trois grandes finalités que sont la protection et la restauration des mers et des océans, la gestion durable des ressources marines, la construction et le partage d'un océan de données et de services.

Photo de couverture: Simulation numérique du volcan sous-marin de 800 mètres de haut et 5 kilomètres de diamètre découvert à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Mayotte, avec nos partenaires scientifiques de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), et du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

SOMMAIRE

6	ÉDITORIAL		
8	CHIFFRES CLÉS		
10	LES TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2019		
<hr/>			
14	LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE DANS LE MONDE		
<hr/>			
18	PROTÉGER ET RESTAURER LES MERS ET LES OCÉANS UN OCÉAN VIVANT, SAIN, SÛR ET RÉSILIENT	18	Connaître, préserver et restaurer la biodiversité marine et les écosystèmes
		23	Comprendre les interactions entre le climat et l'océan
		26	Anticiper les événements extrêmes (climatiques, telluriques) et leurs impacts, les prévenir et y remédier
		27	Tracer et limiter les impacts des activités humaines, des pollutions et des contaminants chimiques, physiques et biologiques
<hr/>			
30	GÉRER DURABLEMENT LES RESSOURCES MARINES POUR LE BIEN-ÊTRE DES SOCIÉTÉS HUMAINES UN OCÉAN DE SOLUTIONS	30	Assurer la durabilité de la pêche et de l'aquaculture
		31	Sécuriser la qualité sanitaire des coquillages
		33	Évaluer les enjeux de l'exploitation des ressources minérales
		34	Innover pour une industrie offshore responsable, dérisquée, durable et digitale
		36	Développer les biotechnologies marines
<hr/>			
38	CONSTRUIRE ET PARTAGER UN OCÉAN NUMÉRIQUE UN OCÉAN DE DONNÉES ET DE SERVICES	38	Concevoir et opérer des infrastructures de recherche ouvertes
		40	Observer l'océan : concevoir, déployer et piloter des capteurs, des systèmes de mesure
		42	Concevoir des systèmes d'information ouverts
		43	Modéliser pour comprendre et prévoir l'océan du futur
		45	Rendre accessible l'information sur le milieu marin et ses usages
		46	Médiation scientifique : faire science en société
<hr/>			
48	ACCOMPAGNER ET SOUTENIR LA RECHERCHE	48	Ressources humaines et dialogue social
		49	Données budgétaires et financières
		50	Responsabilité sociétale de l'institut
		51	Système de management de la qualité : adaptation, développement et appropriation
<hr/>			
53	ANNEXES	54	Bilan à la clôture avant affectation du résultat
		58	Organigramme de l'Ifremer au 31 décembre 2019
		59	Conseil d'administration au 31 décembre 2019
		60	Conseil scientifique au 31 décembre 2019
			Répartition du personnel par implantation
		61	Comité d'éthique INRAE-Cirad-Ifremer-IRD
		62	L'Ifremer présent dans les trois grands océans

François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer, nous invite à relever ensemble les défis de sciences océaniques belles, utiles et partagées.



François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer © Ifremer - S. Lesbats

L'océan a été à l'agenda scientifique tout au long de 2019.

À l'agenda international : avec le rapport de l'IPBES qui a alerté sur les menaces qui pèsent sur la biodiversité à l'échelle de la planète, notamment sur la biodiversité marine affectée par les impacts cumulés des pollutions, du changement climatique, de la surpêche et des conflits d'usage ; avec le rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère qui a confirmé non seulement l'importance du rôle de l'océan dans le système climatique mais aussi les risques qui découlent du réchauffement, de l'acidification ou de la modification des grands

courants océaniques ; ou encore avec la visite des présidents des assemblées des pays du G7 sur notre site de Plouzané, à l'occasion du « G7 parlementaire » dédié aux océans.

À l'agenda européen aussi : avec la publication par l'*European Marine Board* de sa prospective scientifique, *Navigating the Future V*, puis de son rapport sur l'état des flottes océanographiques européennes ; comme avec le lancement de la mission « Santé des océans, des mers et des eaux côtières et continentales » qui fera partie des nouveaux instruments du futur programme-cadre de recherche Horizon Europe.

À l'agenda national, enfin, avec l'annonce par le Président de la République d'un programme prioritaire de recherche (PPR) Océan — Climat, dont l'animation scientifique sera confiée au CNRS et à l'Ifremer.

C'est dans ce contexte, porteur et exigeant, que l'institut a finalisé son contrat d'objectifs et de performance (COP) 2019-2023. Celui-ci a été adopté par le conseil d'administration de l'Ifremer le 8 mars 2019, lors de sa première réunion au nouveau siège social à Plouzané. Ce contrat décline concrètement, sur une période de 5 ans, la stratégie de l'institut à l'horizon 2030 au travers de 43 actions et d'une batterie de 19 indicateurs.

Ce rapport annuel est donc le premier du COP 2019-2023. Nous avons choisi de l'organiser autour des trois grandes finalités de nos activités : la protection et la restauration des océans ; le développement d'une économie bleue responsable et durable ; la mise en commun et la diffusion de données et de services relatifs à la mer. Ce choix permet non seulement d'illustrer la cohérence de nos différentes activités — le triptyque : recherche-expertise-innovation — mais aussi de les partager avec un public large qui souhaite savoir « ce que fait l'Ifremer » et « à quoi il sert ».

Nous avons également choisi de mieux articuler ce rapport avec celui de la Flotte océanographique française qui est doublement exemplaire en Europe et dans le monde : par son unification au sein d'un seul établissement et par sa capacité à œuvrer au bénéfice de toute la communauté scientifique nationale tout en remplissant des missions de service public et en restant ouverte aux collaborations avec des entreprises.

Dans l'hexagone comme dans les Outre-mer, la mise en œuvre de ce contrat repose en premier lieu sur les compétences et l'enthousiasme des personnels de l'institut, sur ses laboratoires, sur la Flotte et ses autres infrastructures, comme sur ses services de support et de soutien à la recherche, à l'expertise et à l'innovation.

La remarquable campagne de recrutements effectuée en 2019 augure de notre capacité à poursuivre cette mobilisation.

La capacité de l'institut à relever les défis scientifiques et à contribuer ainsi à atteindre les objectifs du développement durable repose aussi sur la densité et la qualité de nos partenariats. Plusieurs faits marquants l'illustrent : Le socle du PPR Océan – Climat aurait-il pu être élaboré sans une bonne coordination avec le CNRS et sans les échanges au sein d'AllEnvi et du conseil national de la mer et du littoral ? Le parachèvement de l'unification de la flotte aurait-il été possible sans la collaboration active du CNRS, de l'IRD et des universités marines et l'appui constant du MESRI ? La découverte du volcan sous-marin au large de Mayotte aurait-elle eu lieu sans le partenariat avec le BRGM, le CNRS et l'IPGP, et sans le soutien de tous les ministères concernés ? La belle aventure de la société Collecte Localisation Satellites (CLS) aurait-elle eu lieu sans le long compagnonnage de l'institut avec le CNES ?

Ces exemples, et bien d'autres, témoignent de l'importance des collaborations entre les équipes, comme entre les établissements, pour faire avancer ensemble les sciences et technologies marines et partager leurs résultats.

Il y a encore quelques mois, l'année 2020 était jalonnée de rendez-vous, en France, en Europe et dans le monde, auxquels nous nous étions préparés pour anticiper le lancement de la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030). La crise sanitaire qui nous affecte tous depuis le début de 2020 a conduit à décaler la plupart de ces rendez-vous ; s'y ajoute la nécessité non seulement de poursuivre la gestion de cette crise inédite mais surtout d'en maîtriser tous les impacts et d'en tirer les conséquences aussi bien en termes de pratiques de nos activités que d'orientations générales de nos projets ou de contribution à la relance, la résilience et la durabilité du secteur maritime. Quoiqu'il en soit, notre ambition demeure de relever, avec tous nos partenaires, les défis de sciences océaniques belles, utiles et partagées.

François Houllier

CHIFFRES CLÉS

RECHERCHE **45** PROJETS H2020 **en cours**

2 PROJETS ERC **en cours**

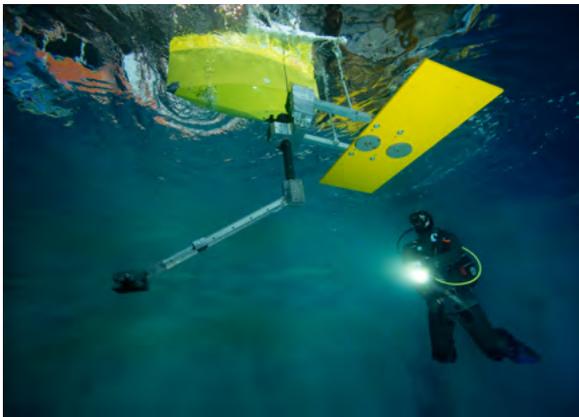
543 PUBLICATIONS (au 31 décembre 2019)

L'Ifremer participe à **9** UNITÉS MIXTES DE RECHERCHE



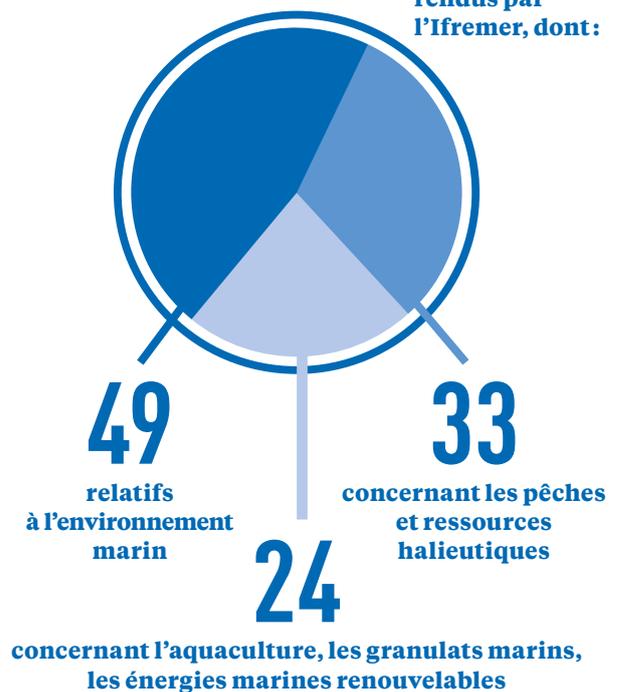
Une ingénieure extrait de l'ADN d'un échantillon à bord. © Ifremer - G. Martin

INNOVATION **11** DÉCLARATIONS D'INVENTION



Plongée du premier dispositif de validation de la technologie BlueFins dans le bassin d'essais du Centre Ifremer Bretagne. Ce dispositif est développé et breveté par l'Ifremer.
© Ifremer - O. Dugornay

EXPERTISE **106** EXPERTISES OU AVIS rendus par l'Ifremer, dont :



145 DOCTORANTS
encadrés ou co-encadrés
par des scientifiques
de l'Ifremer

26 POST-
DOCTORANTS

1491 SALARIÉS

69,73 RECORD DU
MONDE (EN M)
de longueur
de carottage à bord
du *Marion Dufresne* :

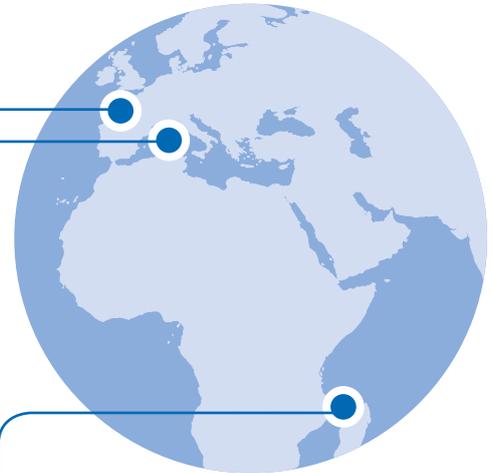


1 000 000 Cette carotte recouvre
1 million d'années
d'histoire du climat



Présentation de la démarche qualité aux jeunes
embauchés de l'Ifremer ©Ifremer - O. Dugornay

312 BARS ADULTES
MARQUÉS
au large de la Gironde
avec l'aide des patrons
pêcheurs de La Cotinière
(île d'Oléron)



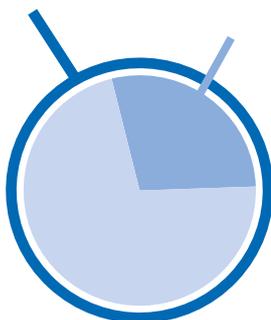
800 ALTITUDE (EN M)
DU VOLCAN
SOUS-MARIN
découvert au large
de Mayotte

200 NOMBRE
DE DÉCHETS
par km² au fond
de la Méditerranée
occidentale

BUDGET 2019

240
millions
d'euros

68 POUR
LA FLOTTE
OCÉANO-
GRAPHIQUE
FRANÇAISE



LES TEMPS FORTS DE L'ANNÉE 2019



▲ MARS 8 mars 2019 : le Conseil d'administration de l'Ifremer se réunit pour la première fois au nouveau siège social à Plouzané.



▲ AVRIL Les campagnes de suivi des populations halieutiques dans la Manche fêtent leurs 30 ans à l'occasion d'un colloque international en avril « Channel Ground Fish Survey (CGFS) » à Boulogne-sur-Mer.

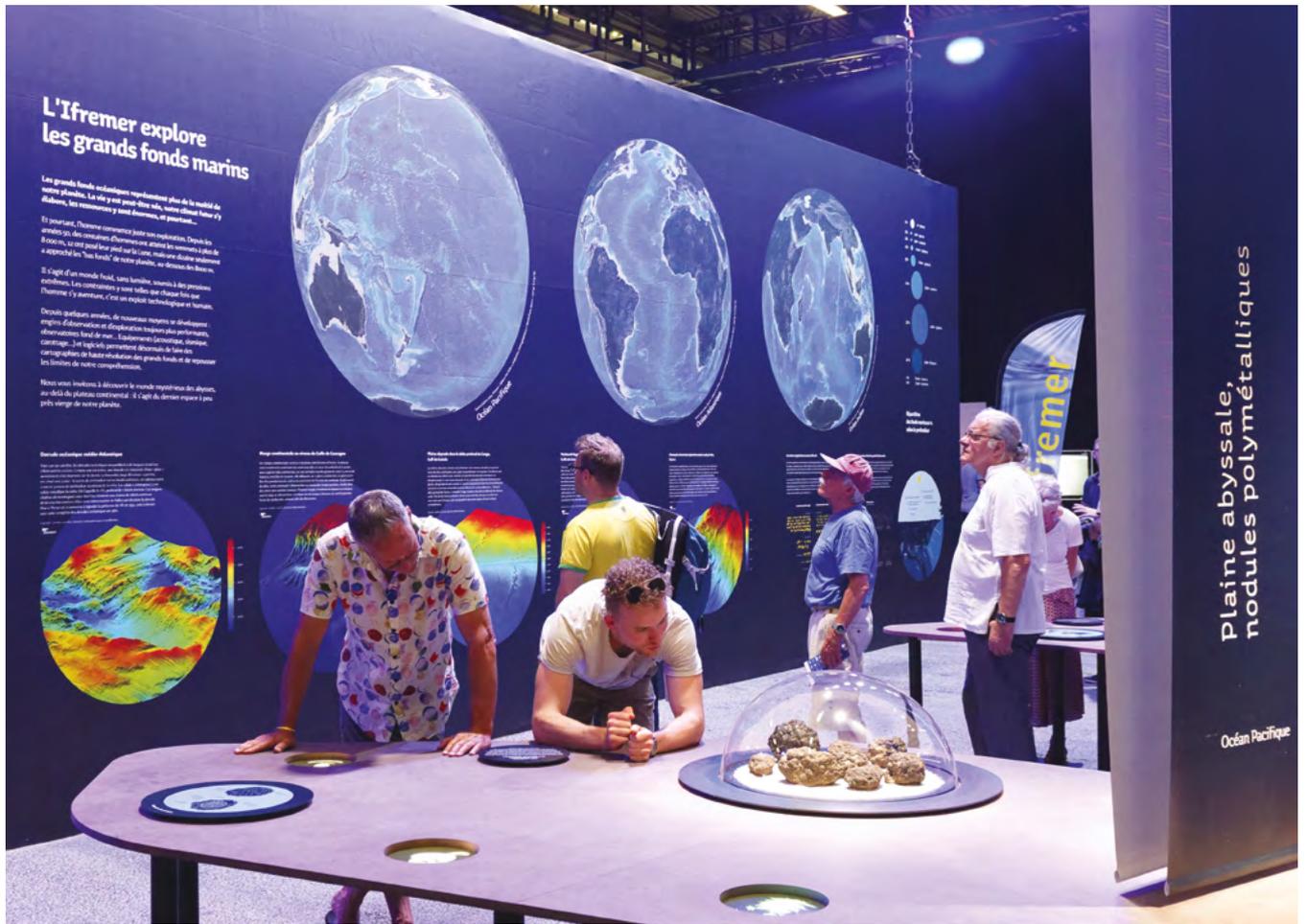


▲ MAI À bord du *Marion Dufresne*, des scientifiques de l'Ifremer, de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) découvrent au large de Mayotte un volcan sous-marin de 800 mètres de haut et 5 km de diamètre.



▲ JUIN Présentation de la Flotte océanographique française et de Euro-Argo à la 13e rencontre du Groupe d'experts internationaux sur les infrastructures de recherche (GSO13) à Roscoff et Brest

▲ JUIN Publication de la prospective "Navigating the future V: recommendations for the Ocean Decade" par European Marine Board



▲ JUILLET La Mer XXL, mobilisation d'une centaine « d'Ifremeriens » à Nantes pour faire connaître les sciences océaniques au grand public pendant 10 jours



▲ JUILLET Mauricio Shimabukuro, post-doctorant au laboratoire Environnement profond (LEP), reçoit le prix de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) pour l'excellence de ses recherches sur la méiofaune des fosses hadales.



▲ AOÛT L'Ifremer coorganise le séminaire international « Marine aging of polymers » consacré au vieillissement des polymères en milieu marin, à Brest.



SEPTEMBRE ▲ La 17^e réunion des Présidents d'Assemblée du G7 fait escale à l'Ifremer avec la participation du Parlement européen et des Parlements allemand, américain, italien, japonais, canadien et anglais autour du thème « Des Parlements mobilisés pour les océans ».



SEPTEMBRE ▲ La Méditerranée est la mer la plus polluée d'Europe : publication de l'article « *Seafloor litter from the continental shelf and canyons in French Mediterranean Water: distribution, typologies and trends* » par une équipe de l'Ifremer emmenée par Olivia Gérégnay.



SEPTEMBRE ▲ Le Muséum national d'histoire naturelle et l'Ifremer fêtent les 10 ans du Centre de recherche et d'enseignement sur les systèmes côtiers (CRESCO) de Dinard en présence de Nicolas Hulot.



SEPTEMBRE ▲ En Nouvelle-Calédonie, l'Ifremer et JAMSTEC (*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology*) coorganisent un séminaire sur les futurs observatoires sous-marins.



OCTOBRE ▲ Six projets innovants sont lauréats du challenge InO'Idées 2019 dont le projet « *Green glue* » de colle novatrice à base de mucus de microalgues.

NOVEMBRE ▲ Les sciences sociales préparent la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable à Brest à l'occasion du colloque GLOSS « *Global Ocean Social Sciences* ».



NOVEMBRE ▲

Comment gérer les maladies des coquillages d'aujourd'hui et de demain? Le projet H2020 Vivaldi coordonné par l'Ifremer se clôture.

▲ NOVEMBRE

Le Président-directeur général de l'Ifremer consolide les activités et partenariats de l'institut dans l'océan Indien.



▼ DÉCEMBRE

À l'occasion des Assises de l'économie de la mer à Montpellier, le Président de la République annonce un programme prioritaire de recherche Océan-Climat qui sera copiloté par le CNRS et l'Ifremer.

DÉCEMBRE ▼

Les activités du GIE Genavir sont transférées à la société par actions simplifiée unipersonnelle (SASU) «Genavir — Gestion de navires de recherche», dont l'associé unique est l'Ifremer. À compter de 2020, la SASU Genavir devient l'armateur de la Flotte océanographique française.



LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE DANS LE MONDE

Si l'année 2018 avait été marquée par l'intégration des navires initialement opérés par l'IRD (*Alis* et *Antéa*) et par la reprise de l'activité scientifique du *Marion Dufresne*, auparavant opérée par l'IPEV, l'année 2019 se distingue à nouveau par une succession d'événements marquants pour la Flotte océanographique française. Elle a permis la transformation du GIE Genavir en une Société Anonyme Simplifiée à actionnaire unique, filiale à 100 % de l'Ifremer, et la négociation du transfert des équipages et de deux navires côtiers du CNRS (*Téthys* et *Côtes de la Manche*) vers Genavir et l'Ifremer. Ces deux actions ayant abouti au 1^{er} janvier 2020, le processus de mise en cohérence de l'organisation de la TGIR (Très Grande Infrastructure de Recherche) Flotte est désormais achevé.

Autre fait notable : la création d'un document de planification des investissements de la TGIR. Le plan d'évolution de la Flotte à l'horizon 2035 a fait l'objet d'une présentation devant le comité directeur de la Flotte en juin 2019. Les représentants des organismes au sein du comité directeur l'ont validé avant de demander au Président de l'Ifremer de le transmettre au ministère de la recherche, ce qui a été réalisé à l'été 2019. Ce nouvel outil permet à l'Ifremer et à ses tutelles de travailler à la planification des investissements de la TGIR dont certains navires (semi-hauturiers Manche-Atlantique, Pacifique Ouest)

sont en fin de vie, ou dont la modernisation doit être actée avant la fin du présent contrat d'objectifs et de performance (*Pourquoi pas?*).

Parmi les opérations phares pour 2019, on peut citer la modification apportée sur le *Marion Dufresne* lors d'un arrêt technique en Afrique du sud. Objectif de la manœuvre : pouvoir déployer le ROV *Victor 6000*, le pénétromètre Penfeld et les équipements sismiques. La Flotte dispose désormais dans l'océan Indien d'un navire doté de capacités singulièrement renforcées, qui offre des possibilités nouvelles dans les domaines des géosciences ou de l'intervention grands fonds. Le développement de l'AUV grands fonds Coral s'est également poursuivi, tandis que la préparation des travaux visant à implanter sur *L'Atalante* de nouveaux groupes électrogènes, moins polluants, et un treuil grands fonds aux performances attendues par la communauté scientifique a été lancée.

2019 a également mis en lumière un certain nombre d'actions de R&D, ainsi que les développements conduits depuis plusieurs années dans les domaines de la réalité augmentée destinée aux systèmes sous-marins, de l'acoustique environnementale ou de la caractérisation des fonds par les équipes de la Direction de la Flotte.

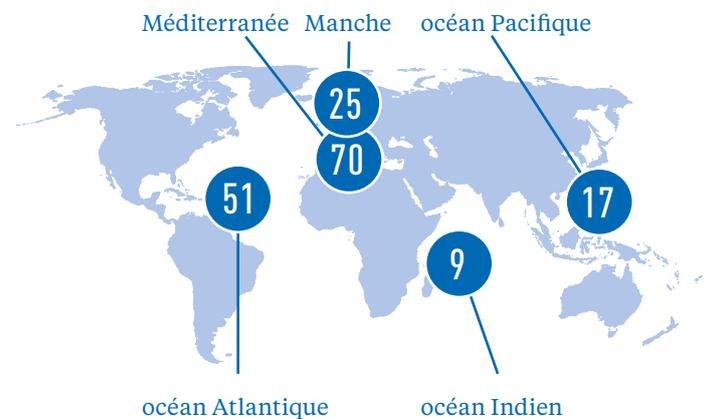
L'actualité de la Flotte aura été particulièrement riche dans le Pacifique avec la présence en continu de *L'Atalante*, la visite du PDG de l'Ifremer, ou la mise en place d'une coopération avec les opérateurs australiens et néo-zélandais. Les 26 campagnes qui ont sillonné les océans Indien et Pacifique témoignent de cette intense activité :

- La campagne Kanadeep, pilotée par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), s'est déroulée à bord de *L'Atalante* avec le ROV *Victor 6000*. Elle s'inscrit dans le programme *Tropical Deep Sea Benthos* et vise à compléter les lacunes identifiées dans le parc marin de Nouvelle-Calédonie en collectant des données sur des habitats et les secteurs du milieu profond inconnus, ou peu connus.
- La campagne Chubacarc, également à bord de *L'Atalante*, s'est déroulée sur les sites hydrothermaux, notamment au niveau de la dorsale de Woodlark. Depuis quelques années, l'écosystème hydrothermal profond fait l'objet d'une demande croissante de permis/concessions en vue de son exploitation minière. Cet environnement fait donc aussi l'objet d'études visant à mieux connaître l'état zéro des communautés inféodées à ce système instable et fragmenté pour en apprécier sa capacité de résilience face à la perturbation.
- La campagne Crotale s'est avérée mémorable entérinant un nouveau record de longueur de carotte sédimentaire. Mardi 5 mars 2019, au nord de l'archipel Crozet, par une météo plutôt mauvaise, le carottier *Calypso* a été déployé sur le *Marion Dufresne* par plus de 2300 mètres de fond, avec un tube de 70,2 mètres de long. Après 9 heures d'opération, celui-ci est revenu parfaitement droit et complètement rempli, avec un taux de récupération de 99,3 %. Le dernier record de longueur de carottage était une carotte de 64 mètres, dans un tube de 65 mètres dans le golfe de Californie, record détenu également par le *Marion Dufresne* et qui aura tenu 17 années, jusqu'à ce 5 mars 2019, quand la carotte MD19-3581 d'une longueur totale de 69,73 mètres a été remontée à bord.
- Les campagnes Mayobs sur le *Marion Dufresne* ont débuté en mai avec la découverte d'un volcan sous-marin en formation. Trois autres campagnes ont été réalisées suite à cette découverte, auxquelles ont participé plusieurs organismes de recherche français.

- Pour conclure cet aperçu, la campagne Moana-Maty a étudié « l'effet d'île » autour de l'archipel des Marquises. Ces dernières se caractérisent par la présence tout au long de l'année d'un enrichissement biologique remarquable (on parle d'effet d'île), pouvant s'étendre jusqu'à 800 kilomètres en aval des îles. L'objectif des campagnes *in situ* les processus physiques et biogéochimiques à l'origine de ce phénomène dans l'archipel des Marquises, ainsi que la nature des enrichissements et leur impact sur les échelons trophiques supérieurs.

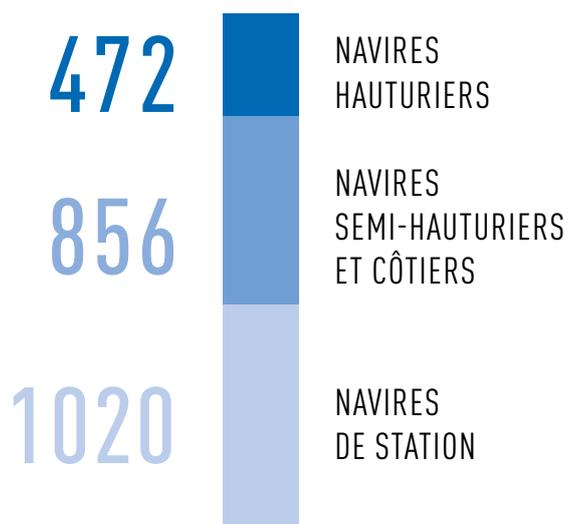
Enfin, parmi les indicateurs d'activité et d'impact 2019, on notera une activité scientifique des navires hauturiers soutenue, avec l'atteinte de 472 jours de campagnes, au-delà de la cible du contrat d'objectifs et de performance de l'institut. L'activité scientifique des navires semi-hauturiers et côtiers s'est établie à 856 jours.

172 CAMPAGNES



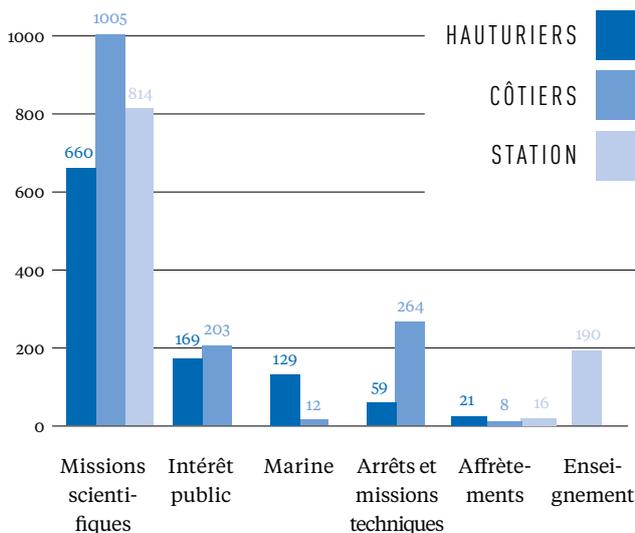
2019 EN CHIFFRES

ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE NETTE EN JOURS



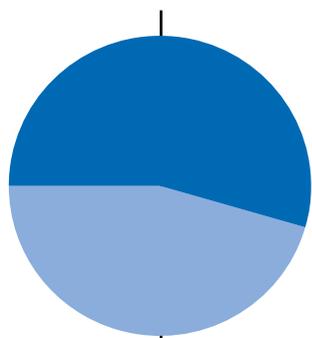
NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITÉ

transits, mobilisations et démobilisations nécessaires aux campagnes inclus



1821
PERSONNELS
EMBARQUÉS

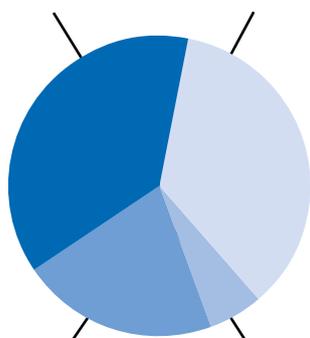
996
sur navires côtiers
et semi-hauturiers



825
sur navires hauturiers

1592 PERSONNELS
EMBARQUÉS DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE (ESR)

599 ITA 567 chercheurs



336 étudiants 90 doctorants

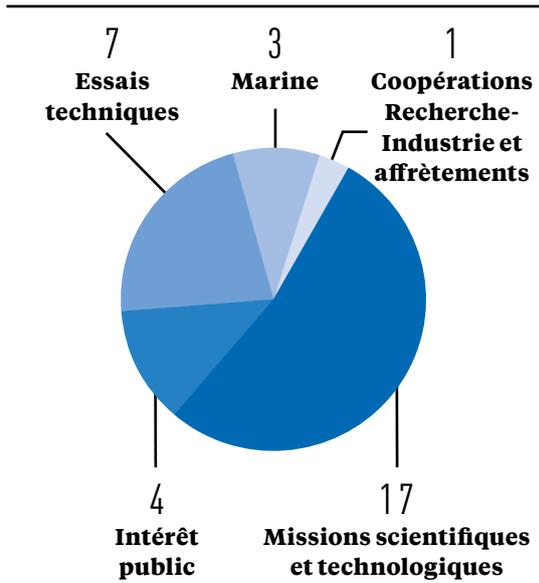
289 MISSIONS
SUR LES NAVIRES
DE STATION



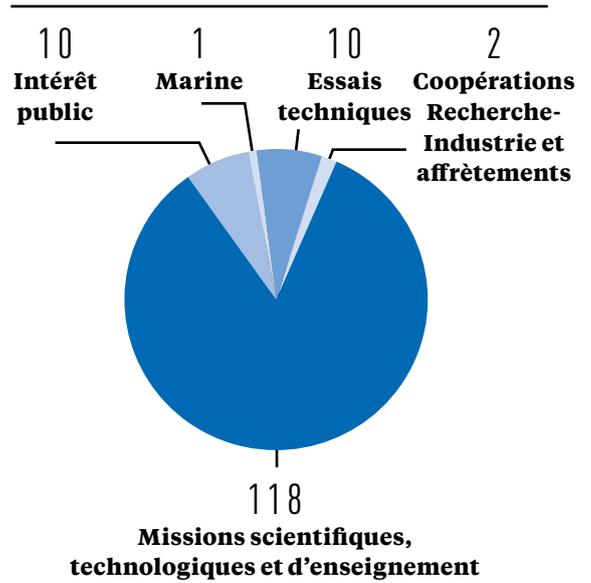
dont 206
évaluées par les comités
locaux d'évaluation

173 MISSIONS

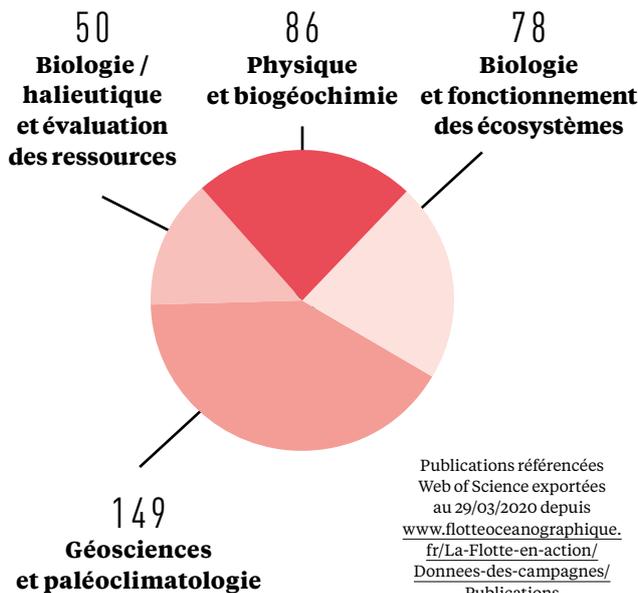
32 MISSIONS NAVIRES HAUTURIERS



141 MISSIONS NAVIRES CÔTIERS ET SEMI-HAUTURIERS

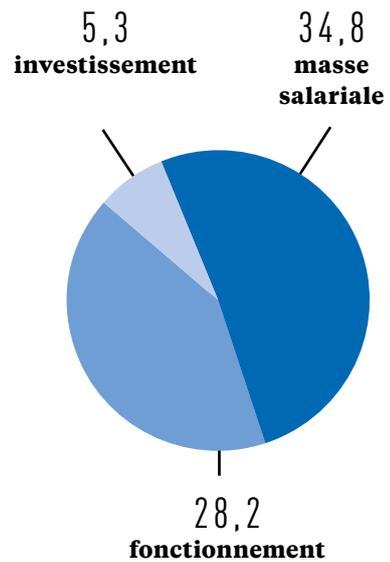


363 PUBLICATIONS



Publications référencées
Web of Science exportées
au 29/03/2020 depuis
www.flotteoceanographique.fr/La-Flotte-en-action/Donnees-des-campagnes/Publications

68.3 M€ DE CRÉDITS DE PAIEMENT



PROTÉGER ET RESTAURER LES MERS ET LES OCÉANS

UN OCÉAN VIVANT, SAIN, SÛR ET RÉSILIENT

L'océan produit l'oxygène que nous respirons, il nous nourrit, il fournit de l'énergie et il régule le climat de notre planète. En cherchant à comprendre l'océan et en le surveillant, l'Ifremer participe à préserver notre avenir commun pour un océan vivant, sain, sûr et résilient.

CONNAÎTRE, PRÉSERVER ET RESTAURER LA BIODIVERSITÉ MARINE ET LES ÉCOSYSTÈMES

MICRO-ALGUES. VINGT ANS DE SUIVI PAR SATELLITE

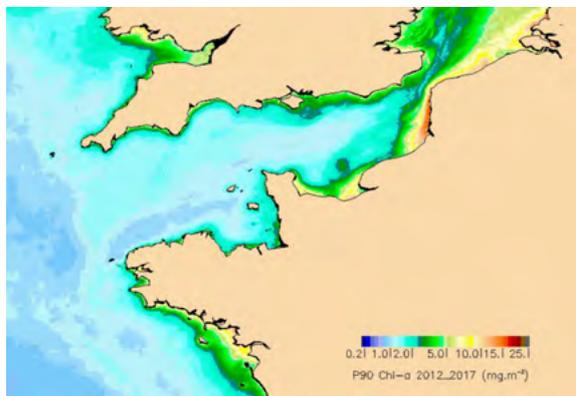
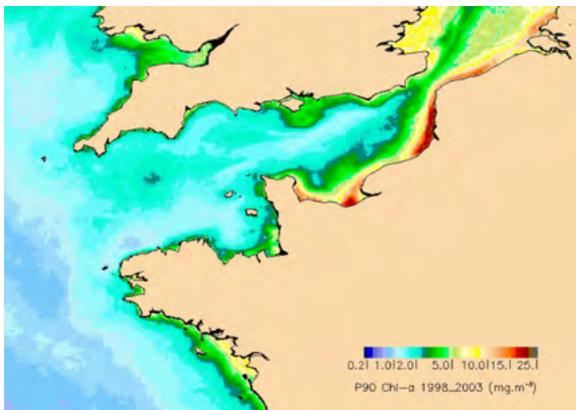
Les données des capteurs dits de la couleur de l'eau en milieu côtier ont longtemps fait l'objet d'une recherche méthodologique complexe afin de venir à bout des contraintes optiques posées par les eaux turbides. Elles ont désormais acquis un niveau de qualité qui les rend directement assimilables aux mesures *in situ* de surface. Depuis 1997, une base de données quotidiennes de la chlorophylle, de la turbidité et des matières en suspension non algales issues des différents capteurs de la NASA et de l'Agence spatiale européenne est construite et exploitée à l'Ifremer afin de mieux comprendre

les réactions du phytoplancton à la turbidité et à son environnement lumineux sur l'ensemble du plateau continental.

Les algorithmes développés, aujourd'hui implantés dans le centre européen de données Copernicus, ont été validés sur les stations côtières du réseau de surveillance RePHY (Ifremer) et du Service d'observation en milieu littoral (Somlit/CNRS). Ils assurent une entière compatibilité des jeux de données. Une publication collective parue en novembre 2019, regroupant dix-sept auteurs et neuf laboratoires, dresse le bilan de l'évolution sur vingt ans, de 1998 à 2017, de la biomasse du phytoplancton en Manche et dans le nord de golfe de Gascogne à partir de la concentration en chlorophylle observée *in situ* et par satellite.

Cette région est particulièrement bien étudiée et surveillée dans le cadre des projets JMP-Eunosat (*Joint Monitoring Programme of the Eutrophication of the North Sea assessed from Satellite data*) et S3-Eurohab relevant du programme Interreg Manche, cofinancé par le Fonds européen de développement régional (FEDER), qui s'intéresse à la détection de l'eutrophisation et des efflorescences algales nuisibles dans la Manche en utilisant les données du satellite Sentinel-3.

L'étude révèle une baisse de la chlorophylle en Manche et particulièrement en Manche Est. On constate une baisse drastique de la concentration en phosphore dans les rivières consécutive aux mesures légales imposées sur les lessives; cependant la réduction des apports en nitrate s'avère encore insuffisante. L'explication de cette baisse apparaît plutôt liée aux débits des fleuves particulièrement forts en début d'étude puis moindres à la fin. Les concentrations en nitrate ne diminuent pas significativement, mais le flux étant moindre, le phytoplancton se développe moins.



20 ANS DE SUIVI DE L'ÉVOLUTION
du phytoplancton en Manche à partir
de la concentration en chlorophylle
observée *in situ* et par satellite (1998-2017)

Les travaux relèvent également que la baisse de production phytoplanctonique en Manche Est n'intervient qu'après le pic printanier de mars-avril qui se maintient, pour sa part, à des niveaux élevés. Il n'est donc pas surprenant de constater des efflorescences de l'espèce nuisible *Phaeocystis globosa* toujours aussi intenses au cœur du pic ces dernières années. Sur l'ensemble de la région étudiée, y compris en Sud Bretagne, les risques liés à l'eutrophisation apparaissent toujours aussi prégnants.

Cette étude sera prolongée en 2020 par un suivi annuel détaillé, satellite et *in situ*, non seulement de la chlorophylle mais aussi de la turbidité et des matières en suspension, sur un grand nombre de stations côtières et sur une zone s'élargissant au sud du golfe de Gascogne et à la Méditerranée occidentale.

Gohin Francis, Van Der Zande Dimitry, Tilstone Gavin, Eleveld Marieke A., Lefebvre Alain, Andrieux-Loyer Francoise, Blauw Anouk N., Bryère Philippe, Devreker David, Garnesson Philippe, Hernandez Farinas Tania, Lamaury Yoann, Lampert Luis, Lavigne Héloïse, Menet-Nedelec Florence, Pardo Silvia, Saulquin Bertrand (2019). **Twenty years of satellite and in situ observations of surface chlorophyll-a from the northern Bay of Biscay to the eastern English Channel. Is the water quality improving?** *Remote Sensing Of Environment*, 233, 111343 (17p.). Publisher's official version: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111343>

LES ARCHÉES, CHAMPIONNES DE L'EXTRÊME

INTERVIEW DE DIDIER FLAMENT DE L'IFREMER - LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE DES ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES (LM2E)



© Ifremer - O. Dugornay

LONGTEMPS CONSIDÉRÉES COMME DES BACTÉRIES, LES ARCHÉES S'EN DISTINGUENT POURTANT CLAIEMENT. EN QUOI CES MICRO-ORGANISMES SONT-ILS SI SPÉCIFIQUES ?

La découverte des archées remonte à la fin des années 1970, lorsque le docteur Carl Woese et ses collègues de l'université de l'Illinois mettent au point une technique de caractérisation des micro-organismes, en utilisant un marqueur moléculaire basé sur l'analyse des séquences d'ADN. Cette technique leur permet de distinguer les archées des bactéries qui diffèrent par la composition de leur enveloppe externe ainsi que par leur bagage métabolique. Fort présentes dans les milieux extrêmes, telles les sources hydrothermales

profondes, des milieux qui se caractérisent par une absence totale de lumière, les archées hyper-thermophiles poussent à une température d'une centaine de degrés. Par 2000 ou 3000 mètres de profondeur, elles supportent une pression de 200 à 300 bars. Elles ont cette capacité étonnante de coloniser les environnements qui, à nos yeux, ressemblent à des enfers. Il est intéressant de comprendre les mécanismes qui font qu'elles se sont adaptées à des conditions jugées il y a peu incompatibles avec la vie.

impliqués dans la réplication, la réparation et la recombinaison de l'ADN. Ce projet présente également un potentiel de valorisation dans le domaine des biotechnologies, en particulier pour l'ingénierie de l'ADN.

POUR QUELLES RAISONS LES ARCHÉES INTRIGENT-ELLES AUTANT LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE ?

Leur nom désigne l'origine, le primitif. Elles pourraient être des reliques, des témoins des premières formes de vie sur Terre. Les sources hydrothermales profondes pourraient avoir accueilli ou favorisé l'émergence de la vie. Quand on regarde le contenu génomique des archées, on s'aperçoit que les processus ou les mécanismes de la transmission de l'information d'une cellule à une autre sont plus proches des eucaryotes que des bactéries. Les archées se révèlent ainsi d'excellents modèles d'étude pour comprendre l'évolution et le mode d'action basique des machines cellulaires complexes que l'on trouve dans les cellules humaines.

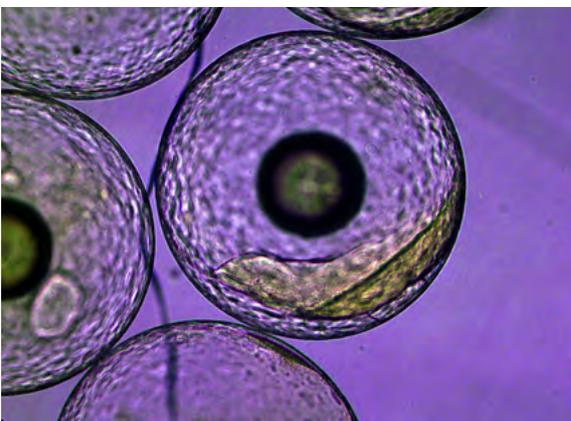
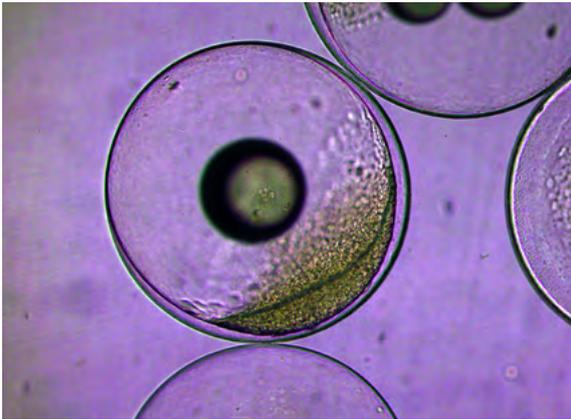
DEPUIS PLUS DE QUINZE ANS, LE LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE DES ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES (LM2E) DÉVELOPPE UNE EXPERTISE SUR LES ARCHÉES RECONNUE AU NIVEAU INTERNATIONAL. QUE PEUVENT-ELLES NOUS APPRENDRE ?

Nous travaillons sur une des archées que nous avons isolée, lors d'une campagne Ifremer, dans une source hydrothermale profonde dans le bassin nord-fidjien par 2500 mètres de profondeur. Elle s'appelle *Pyrococcus abyssi*, la boule de feu des abysses. Sa température optimale de croissance est de 96 °C. Dans ces environnements hostiles, les conditions sont propices à l'apparition de lésions sur l'ADN. Comment ces archées font-elles pour répliquer leur génome ? Ce sont des organismes qui poussent de manière extrêmement rapide et sans commettre d'erreurs lors de la duplication des génomes. On s'attend à ce que les archées possèdent des mécanismes de réparation particuliers et robustes. Les études dans ce domaine confirment cette hypothèse sans toutefois répondre à certaines énigmes qui perdurent. Notre projet de recherche nous permettra, à terme, de mieux comprendre les mécanismes moléculaires de la maintenance génomique chez les archées hyperthermophiles et de mieux définir les complexes moléculaires

ACIDIFICATION DES OCÉANS : LA REPRODUCTION DU BAR EUROPÉEN MENACÉE

Les océans absorbent les émissions naturelles ou anthropiques de dioxyde de carbone (CO₂), ce qui entraîne une baisse du pH et des niveaux de carbonate. Un processus connu sous le nom d'acidification des océans. Confrontés à ces changements, les poissons sont considérés comme capables de faire face à l'augmentation de la pression partielle en CO₂ (PCO₂) en maintenant leur pH interne grâce à l'échange d'ions spécifiques avec leur environnement. Il a ainsi été montré que la croissance et la survie des poissons exposés expérimentalement aux paramètres environnementaux définis par les projections d'évolution du pH projetées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour le XXI^e siècle étaient généralement peu affectées contrairement, par exemple, aux coraux profonds d'eau froide qui verront se réduire leur niche écologique.

Cependant, de nombreuses études rapportent que l'acidification des océans peut altérer le comportement et les performances sensorielles chez les poissons, en perturbant le fonctionnement de leur système nerveux central. À ce jour, très peu se sont intéressés aux effets de l'acidification des océans sur leur reproduction. Cette fonction, contrôlée par le système nerveux central et les conditions environnementales, est énergétiquement coûteuse et critique pour le renouvellement des populations. Dans ce contexte, les scientifiques du laboratoire des Sciences de l'environnement marin (Lemar) ont étudié, dans le cadre des projets Pacio (Réponses physiologiques et adaptatives des poissons à l'acidification des océans, financé par le ministère de la Transition écologique et solidaire) et Oasys (*Ocean Acidification effects on life-traits and Sensory sYstems in marine organisms*, financé par le Labex MER), les effets de l'acidification des océans sur la reproduction du bar européen (*Dicentrarchus labrax*), un poisson marin à fort intérêt écologique et économique.



OBSERVATION DES EFFETS DE L'ACIDIFICATION DES OCÉANS SUR LES POPULATIONS DE POISSONS, en comparant ici deux échantillons d'œufs de bar élevés, l'un dans les conditions actuelles d'acidification (2019), et l'autre dans celles prévues pour 2100. Ces effets sont visibles notamment par la transparence et la morphologie de l'œuf. Échelle = 200 µm © Ifremer

Les travaux montrent que les conditions d'acidification des océans prévues pour 2100 fragilisent fortement la reproduction du bar à trois niveaux : maturation sexuelle, ponte, production et qualité des gamètes. Une augmentation de la concentration des stéroïdes sexuels est observée chez les géniteurs mâles et femelles en condition acidifiée. Cette maturation sexuelle anticipée provoque une ponte précoce. L'acidification de l'eau en conditions expérimentales compromet également la gamétogenèse et la qualité des gamètes chez le bar européen. On note une baisse de la qualité du sperme et l'on observe une vitesse de déplacement moyenne des spermatozoïdes réduite en mars, mois de production maximale d'œufs pour tous les groupes expérimentaux, accompagnée d'une baisse de la qualité des œufs. En particulier, les œufs issus de parents acclimatés à la condition acidifiée présentent une densité plus importante et donc une flottabilité moindre.

Cette réduction de leur qualité est également confirmée par des études d'expression génique. D'après ces différents résultats, l'acidification des océans pourrait avoir des conséquences directes sur le recrutement et la dynamique de la population chez le bar européen au cours du XXI^e siècle.

Servili Arianna, Canario Adelino V.M., Mouchel Olivier, Muñoz-Cueto José Antonio (2020). **Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis.** *General and Comparative Endocrinology*, 291, 113439 (15p.). <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113439>

LES MARGES CONTINENTALES DE FRANCE ET D'AFRIQUE LIVRENT LEURS SECRETS

Comment évoluent les marges passives, ces zones sous-marines frontières entre continent et océan ? En réponse à cette question ambitieuse, le projet Pamela (*Passive margins exploration laboratories*) propose des nouveaux concepts d'évolution basés sur l'étude de trois régions : le canal du Mozambique, le golfe de Gascogne et le canal de Corse. Coordonné par l'Ifremer et le groupe Total, ce projet a impliqué, durant six ans, plus de cent cinquante chercheurs, ingénieurs et techniciens du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), des universités de Bretagne occidentale, Rennes 1, Sorbonne Université et de l'IFP Énergies nouvelles (IFPEN). Treize doctorants et treize post-doctorants ont contribué au projet. Il s'est achevé par un séminaire de clôture au Centre scientifique et technique de Total à Pau en novembre 2019.

«Le projet Pamela est le plus gros programme de recherche partenariale mené à l'Ifremer, souligne Jean-François Bourillet, co-chef du projet pour l'Ifremer. Son ampleur — plan de charge, moyens d'équipement mis en œuvre et budget — en fait l'équivalent de cinq ou six gros projets de recherche européens. La diversité des partenaires a conduit des personnes de cultures différentes — des académiques et des chercheurs et ingénieurs d'un groupe majeur privé — à se côtoyer dans un cadre multidisciplinaire. Ce partenariat nous a permis d'acquérir en cinq ans seulement ce qu'on aurait mis douze à quinze ans à réaliser dans le seul cadre académique.»

En retraçant l'histoire géologique des marges, les scientifiques ont livré également d'autres secrets, ceux de la biodiversité peuplant ces milieux, des courants animant ces océans et des climats passés.



SÉMINAIRE DE FIN DU PROJET PAMELA EN NOVEMBRE 2019 À PAU ENTRE L'IFREMER ET TOTAL
 Un des plus gros programmes de recherche partenariale mobilisant 150 chercheurs
 et ingénieurs (CNRS, UBO, Sorbonne Université, Rennes 1, IFPEN) © Laurent Pascal

Un nouveau regard a ainsi été porté sur la naissance de l'océan Indien. L'étude de la dislocation du continent unique Gondwana se terminant par l'ouverture de l'océan Indien a mis en évidence le rôle majeur du magmatisme et du volcanisme (voir page 34). La reconstitution des paysages et des climats à différentes époques a permis de quantifier les volumes de sédiments érodés sur le continent, transportés puis déposés sur le fond de l'océan. Dans le canal du Mozambique, les roches prélevées sur les monts sous-marins ont révélé leur origine volcanique et daté leur formation il y a environ trente millions d'années. Les récifs coralliens d'autres monts ont enregistré les variations du niveau marin au cours du temps. Ils constituent des archives des variations climatiques passées. Des communautés d'invertébrés et de poissons ont été également étudiées sur leurs flancs avec la découverte de nouvelles espèces.

Deux types d'habitats associés à des panaches de fluides de fond de mer ont été découverts dans le golfe de Gascogne.

Le premier est formé de tapis bactériens colonisés par une faune riche en sulfure. Le second, typique des fonds rocheux, se développe à la faveur des fonds durs issus de la cimentation de sable par les fluides carbonatés. Ces écosystèmes étaient jusqu'ici insoupçonnés. Des milliers de sorties de méthane identifiées à 70 kilomètres des côtes par 200 mètres de fond constituent ce système. C'est un cas rare dans le monde. Le volume annuel émis de ce gaz à fort effet de serre a été estimé. Ce qui ouvre la voie à d'autres perspectives de recherche. Comment évolue le méthane dans la colonne d'eau et comment interagit-il avec l'atmosphère? Autant de questions d'intérêt dans le contexte du changement climatique global.

Un tel partenariat industrie et recherche académique a permis l'accès à des jeux de données rarement disponibles pour la communauté scientifique. Surtout, un tel projet bénéficie de la complémentarité des compétences et de la diversité des cultures scientifiques et techniques.

Jorry Stephan, Jouet Gwenael, Edinger Evan N., Toucanne Samuel, Counts John W., Miramontes Elda, Courgeon Simon, Riveiros Natalia Vázquez, Le Roy Pascal, Camoin Gilbert F. (2020). **From platform top to adjacent deep sea: New source-to-sink insights into carbonate sediment production and transfer in the SW Indian Ocean (Glorieuses archipelago)**. *Marine Geology*, 423, 106144 (18p.). <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106144>

Thompson Joseph Offei, Moulin Maryline, Aslanian Daniel, De Clarens P., Guillocheau F. (2019). **New starting point for the Indian Ocean: Second phase of breakup for Gondwana**. *Earth-science Reviews*, 191, 26-56. Publisher's official version: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.01.018>

Moulin Maryline, Aslanian Daniel, Evain Mikael, Leprêtre Angélique, Schnurle Philippe, Verrier Fanny, Thompson Joseph Offei, De Clarens P., Leroy S., Dias N., The Pamela moz35 Team **Gondwana breakup: messages from the North Natal Valley**. *Terra Nova* **IN PRESS**. <https://doi.org/10.1111/ter.12448>

COMPRENDRE LES INTERACTIONS ENTRE LE CLIMAT ET L'OCÉAN

PUITS DE CARBONE AU LARGE DU CONGO : UN ÉCOSYSTÈME UNIQUE, NOURRI PAR LES APPORTS DU FLEUVE

Le cycle du carbone et la quantité de CO₂ atmosphérique contrôlent fortement le climat. Pourtant le devenir des flux de carbone organique aux interfaces entre les continents et les océans est encore mal connu. Les transferts sédimentaires terre-mer jouent un rôle primordial car ils contrôlent à long terme les puits de carbone organique et de silice biogène par leur enfouissement dans les sédiments marins. Les lobes terminaux du cône sous-marin profond du fleuve Congo, le deuxième plus grand du monde par son débit, ont une particularité unique dans tout l'océan mondial. Situés à 800 kilomètres des côtes et à 5000 mètres de profondeur, ils sont approvisionnés quasiment en continu par du matériel fluvial riche en matière organique charriée par le Congo.

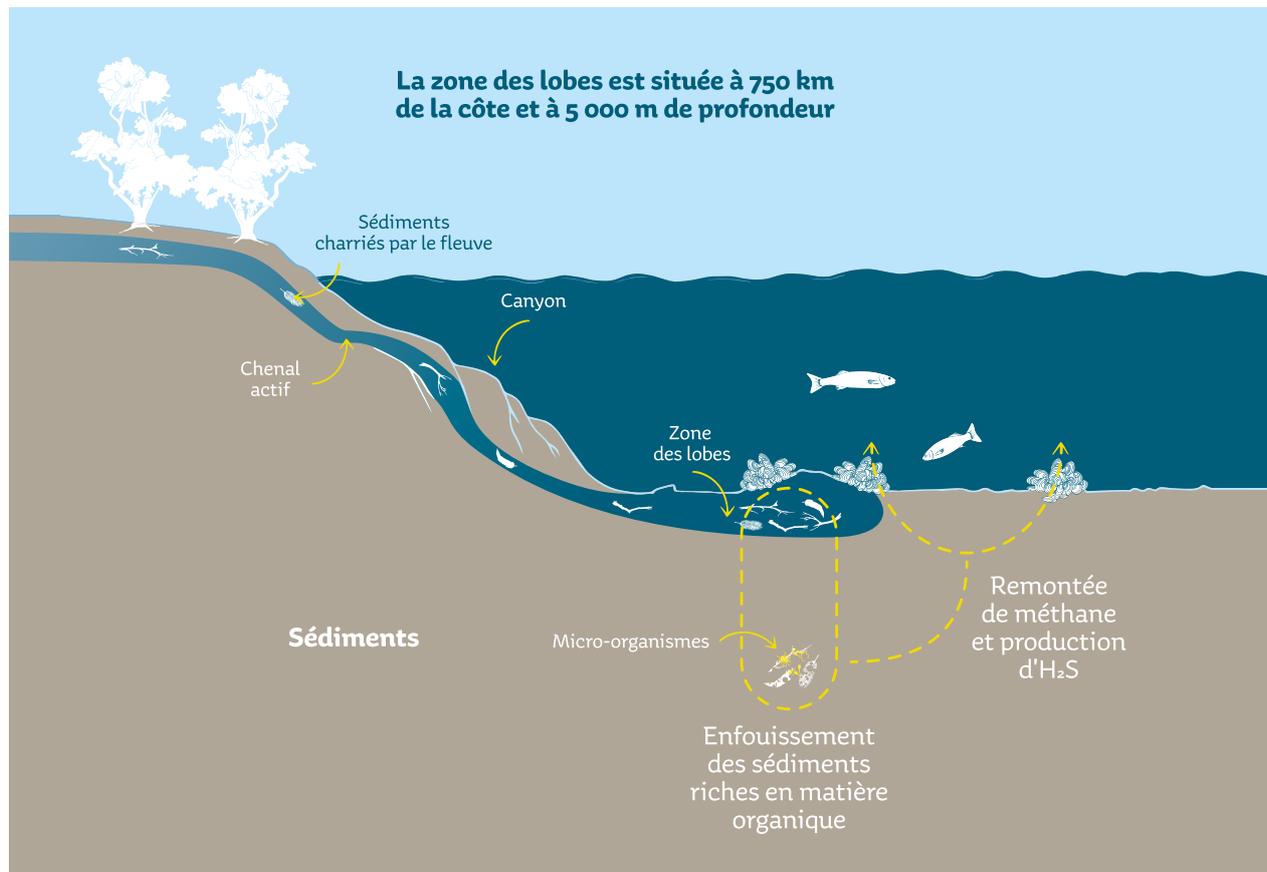
Deux campagnes océanographiques, WACS (*West Africa Cold Seeps*) et Congolobe, ont été réalisées en 2011 à bord du *Pourquoi pas ?*. Elles ont révélé que les sédiments en provenance du fleuve Congo, transitant par le canyon puis déposés par des avalanches sous-marines ou des courants de turbidité, permettent d'accumuler de grandes quantités de carbone organique et de silice biogène dans les lobes du Congo et forment ainsi un puits de carbone et de silice significatif à l'échelle de l'Atlantique Sud.

Ces campagnes ont permis d'obtenir des observations, des mesures *in situ*, et des échantillons grâce au ROV *Victor 6000* et à des techniques de pointe : piège à particules, stations autonomes équipées d'électrodes ou de chambres benthiques.

Sur le sédiment accumulé, des communautés biologiques prospèrent et recyclent une partie du carbone organique déposé. Cet écosystème luxuriant présente des biomasses au moins dix fois supérieures à celle des plaines abyssales de l'Atlantique Sud tropical. Bien qu'éparses, ces communautés biologiques très productives basées sur la chimiosynthèse microbienne participent au recyclage du carbone organique, probablement sous-estimé, du fait de la connaissance encore incomplète de leur distribution.

Malgré ce recyclage exceptionnel, l'accumulation importante des sédiments terrigènes permet l'enfouissement et la préservation de 85 % du carbone et 73 % de la silice qui s'y déposent. Compte tenu de la surface des lobes qui couvre 2500 km², ce sont 0,35 million de tonnes de carbone et 0,11 million de tonnes de silice qui y sont enfouis annuellement. Soit, respectivement, 18 % et 35 % des apports du Congo. Ce puits, jamais évalué auparavant, représente 19 % du carbone organique enfoui dans l'Atlantique Sud aux profondeurs supérieures à 3000 mètres, pour une surface qui représente moins de 0,01 % de cet océan. En plus d'être un puits de carbone et de silice significatif actuel, les lobes terminaux du Congo représentent un analogue moderne des lobes, actuellement inactifs, des plus grands fleuves terrestres lors du dernier bas niveau marin.

Le projet Congolobe a associé géologues, géochimistes organiciens, géochimistes marins et biologistes. Coordonné par le laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (LSCE), il a été réalisé avec les unités de recherche de l'Ifremer Étude des écosystèmes profonds (EEP) et Géosciences marines (GM), l'Institut des sciences de la terre de Paris, le laboratoire d'Écogéochimie des environnements benthiques (Banyuls), l'Institut universitaire européen de la mer (Université de Bretagne occidentale), l'UMR Environnements et paléoenvironnements océaniques et continentaux (Université de Bordeaux), le *Georgia Institute of Technology* (États-Unis) et l'*Hellenic Center for Marine Research* (Grèce).



DES FLUIDES FROIDS DANS LE DELTA SOUS-MARIN DU CONGO.

© Ifremer

Rabouille C., Dennielou Bernard, Baudin F., Raimonet M., Droz Laurence, Khripounoff Alexis, Martinez P., Mejanelle L., Michalopoulos P., Pastor Lucie, Pruski A., Ragueneau Olivier, Reyss J.-L., Ruffine Livio, Schnyder J., Stetten E., Taillefert M., Tourolle Julie, Olu Karine (2019). **Carbon and silica megasink in deep-sea sediments of the Congo terminal lobes.** *Quaternary Science Reviews*, 222, 105854 (7p.). <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.07.036>

TROIS KILOMÈTRES SOUS LA SURFACE, LES FLOTTEURS DEEP-ARVOR RÉVÈLENT DES RÉSULTATS INÉDITS

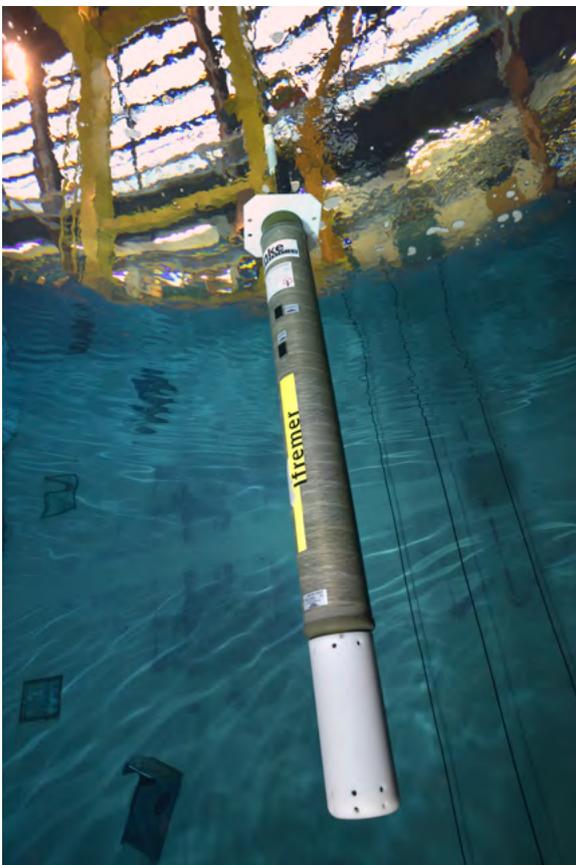
En cinquante ans, l'océan a absorbé plus de 90 % de l'excès de chaleur reçu par la Terre dû aux activités humaines, entraînant un réchauffement de l'océan global. Il a été estimé que la tranche de la colonne d'eau entre 0 et 2000 mètres de profondeur est actuellement plus chaude d'environ 0,8 °C par rapport à 1950. Or, des mesures effectuées à partir des navires océanographiques montrent que le réchauffement pénètre dans l'océan bien au-delà de 2000 mètres de profondeur. Par ailleurs, la redistribution de cette chaleur dans les grands bassins océaniques dépend de la circulation profonde qui est encore largement méconnue.

Pour mesurer ce signal profond, l'Ifremer (le laboratoire d'Océanographie physique et spatiale (LOPS) et l'unité Recherche et développements technologiques (RDT)) s'est lancé en 2011 dans le développement d'un flotteur Argo profond, le Deep-Arvor, capable de mesurer la température, la salinité et la concentration en oxygène dissous, jusqu'à 4000 mètres.

Obtenir ces mesures à ces grandes profondeurs est un défi technologique qu'ont relevé avec succès les équipes impliquées dans le projet Equipex « *Novel Argo Ocean Observing System* » (NAOS), financé par l'Agence nationale de la recherche et mis en œuvre par l'Ifremer et le CNRS. Les Deep-Arvor sont les seuls flotteurs Argo profonds à être équipés de capteurs mesurant la concentration d'oxygène dissous dans l'eau. C'est à partir de cette donnée que les scientifiques peuvent déduire l'histoire d'une masse d'eau.

Les premières données acquises livrent des informations inédites sur les masses d'eau profonde, leurs dynamiques de mélange et de déplacement.

« Grâce à ces mesures d'oxygène, précise la chercheuse Virginie Thierry, nous avons observé comment une masse d'eau jeune, récemment formée au voisinage de l'Islande et circulant à 2750 mètres dans un chenal profond, se mélange avec une masse d'eau plus ancienne sous l'action des courants de surface particulièrement énergétiques à cet endroit. En outre, aucun des flotteurs n'a suivi la trajectoire à laquelle on s'attendait au vu des courants dominants. L'un d'entre eux a même mis en évidence l'existence d'une nouvelle route profonde qui n'avait jamais été observée directement. »



AVANT TOUT DÉPLOIEMENT, LES FLOTTEURS DEEP-ARVOR SONT TESTÉS DANS LE BASSIN D'ESSAI DE L'IFREMER. © Ifremer - O. Dugornay

Le signal du changement climatique peut désormais être traqué jusque dans les profondeurs. Afin de comprendre comment l'excès de chaleur pénètre et voyage dans l'océan et comment il perturbe son fonctionnement, les chercheurs du laboratoire d'Océanographie physique et spatiale (LOPS) à l'Ifremer ont concentré leur effort de recherche dans l'Atlantique Nord, où les eaux chaudes venues du sud se refroidissent et plongent. Entre 2015 et 2017,

cinq flotteurs Deep-Arvor ont été déployés lors des campagnes « *Reykjanes Ridge Experiment* » (Rrex), au sud de l'Islande, dans une zone profonde de 3600 mètres, truffée de reliefs sous-marins qui contraignent la trajectoire des masses d'eau profondes.



VIRGINIE THIERRY, CHERCHEUSE ET RESPONSABLE DU LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE ET SPATIALE, ENTOURÉE DES INSTRUMENTS DE MESURE DÉPLOYÉS EN OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

© Ifremer - S. Lesbats

À ce jour, sur les 4 000 flotteurs qui parcourent l'océan, seuls 96 plongent au-delà de 2 000 mètres. Parmi eux, 21 flotteurs Deep-Arvor sillonnent les eaux profondes de l'Atlantique Nord, de l'Atlantique équatorial et de l'océan Austral. L'Ifremer, fortement impliqué dans cette aventure, prévoit de déployer en moyenne une vingtaine de flotteurs Deep-Arvor par an, en particulier dans l'océan Atlantique Nord.

Racape V., Thierry Virginie, Mercier Herle, Cabanes Cecile (2019). **ISOW spreading and mixing as revealed by Deep Argo floats launched in the Charlie Gibbs Fracture Zone**. *Journal Of Geophysical Research-oceans*, 124 (10), 6787-6808. Publisher's official version: <https://doi.org/10.1029/2019.JC015040>

ANTICIPER LES ÉVÉNEMENTS EXTRÊMES (CLIMATIQUES, TELLURIQUES) ET LEURS IMPACTS, LES PRÉVENIR ET Y REMÉDIER

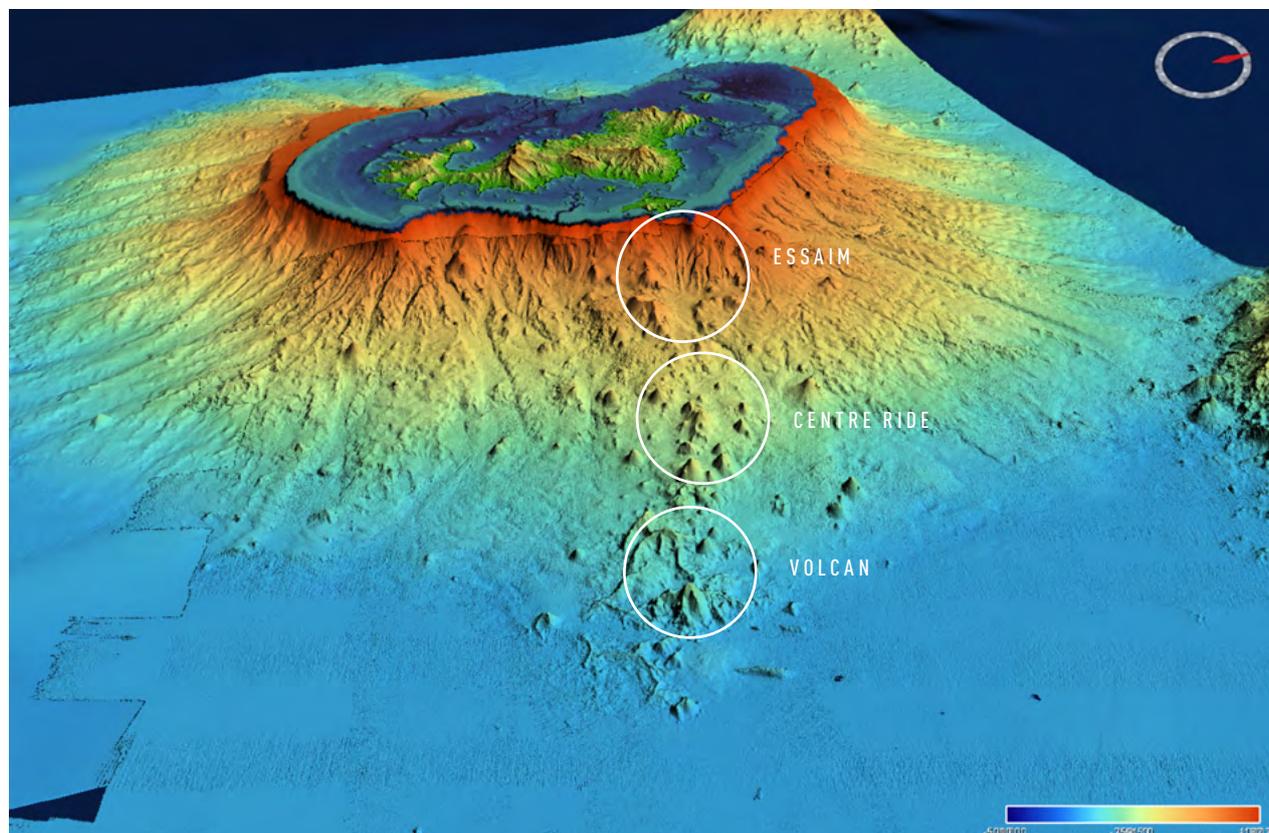
NAISSANCE D'UN VOLCAN : UNE ÉRUPTION SOUS-MARINE MAJEURE AU LARGE DE MAYOTTE

Au printemps 2018, de nombreux séismes se produisent au large de Mayotte, certains largement ressentis par les habitants. Les observations accumulées, notamment l'enregistrement à terre de signaux sismiques de haute fréquence, suggèrent un phénomène mêlant sismicité et volcanisme sous-marin. En novembre 2018, des signaux de basse fréquence témoignent de la migration de magma en profondeur. Un programme de surveillance piloté par l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) et un programme de recherche conduit par le Centre national

de la recherche scientifique (CNRS) — regroupant le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'Ifremer, l'IPG de Strasbourg (IPGS), le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM), l'Université Clermont-Auvergne — sont alors mis en place.

Pour localiser et comprendre l'activité sismique et volcanique, au sein de cette zone inactive depuis plus de sept mille ans, l'Ifremer a organisé et codirigé, en 2019, quatre des cinq campagnes de cartographie sous-marine, de prélèvements de roches et d'étude des panaches acoustiques et chimiques.

En mai 2019, lors de la première campagne du *Marion Dufresne*, codirigée par l'IPGP et l'Ifremer, un nouveau volcan de huit cents mètres de hauteur a été découvert par 3500 mètres de fond, à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Mayotte. Entre mai et août, les campagnes du *Marion Dufresne* et du *Beautemps-Beaupré* (SHOM) ont confirmé la forte activité volcanique.



EMPLACEMENT DU NOUVEAU VOLCAN AU LARGE DE MAYOTTE.
ÉTUDE MORPHO-BATHYMÉTRIQUE. © Ifremer - CNRS - IPGP - BRGM/Mayobs3

D'importantes coulées ont été repérées au sud du volcan en juin, à l'ouest en juillet puis au nord-ouest en août. « Nous avons affaire à l'une des plus grosses éruptions sous-marines de mémoire d'homme, assure Stéphane Jorry, chercheur en géosciences marines à l'Ifremer. Le volcan a produit en un an plus de 5 km³ de lave, soit environ le quart de ce qui est émis en une année le long des 60 000 kilomètres des dorsales de la planète. »

Concomitamment, l'acquisition de données acoustiques et géochimiques dans la colonne d'eau a permis la détection et le suivi du panache de fluides et de gaz en bordure de la zone sismique active à dix kilomètres de Mayotte. En juillet 2019, par l'intermédiaire du sous-marin autonome *AsterX* (AUV *AsterX*), des cartes bathymétriques de haute résolution ont été élaborées. Les premières observations visuelles des sorties de fluides, de la coulée active et du sommet du volcan ont été effectuées à l'aide du système de caméra ponctuel interactif (Scampi). Dans le cadre du suivi sismologique en mer entre le volcan et l'île, coordonné par l'Ifremer avec l'IPGP, des opérations de surveillance ont été organisées tous les mois, entre mai et décembre 2019, en vue d'enregistrer en continu la sismicité à l'aide des sismographes autonomes de fond de mer. Elles se poursuivront dans le futur à travers le réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (Revosima).

S'ils n'assurent pas le suivi en temps réel, ces outils permettent d'étendre au domaine sous-marin le réseau de stations déployées à terre par le BRGM et l'IPGS. Dix-huit mois après le début de la crise, les données acquises montrent la persistance de l'activité sismique à moins de dix kilomètres à l'est de Petite-Terre.

TRACER ET LIMITER LES IMPACTS DES ACTIVITÉS HUMAINES, DES POLLUTIONS ET DES CONTAMINANTS CHIMIQUES, PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES

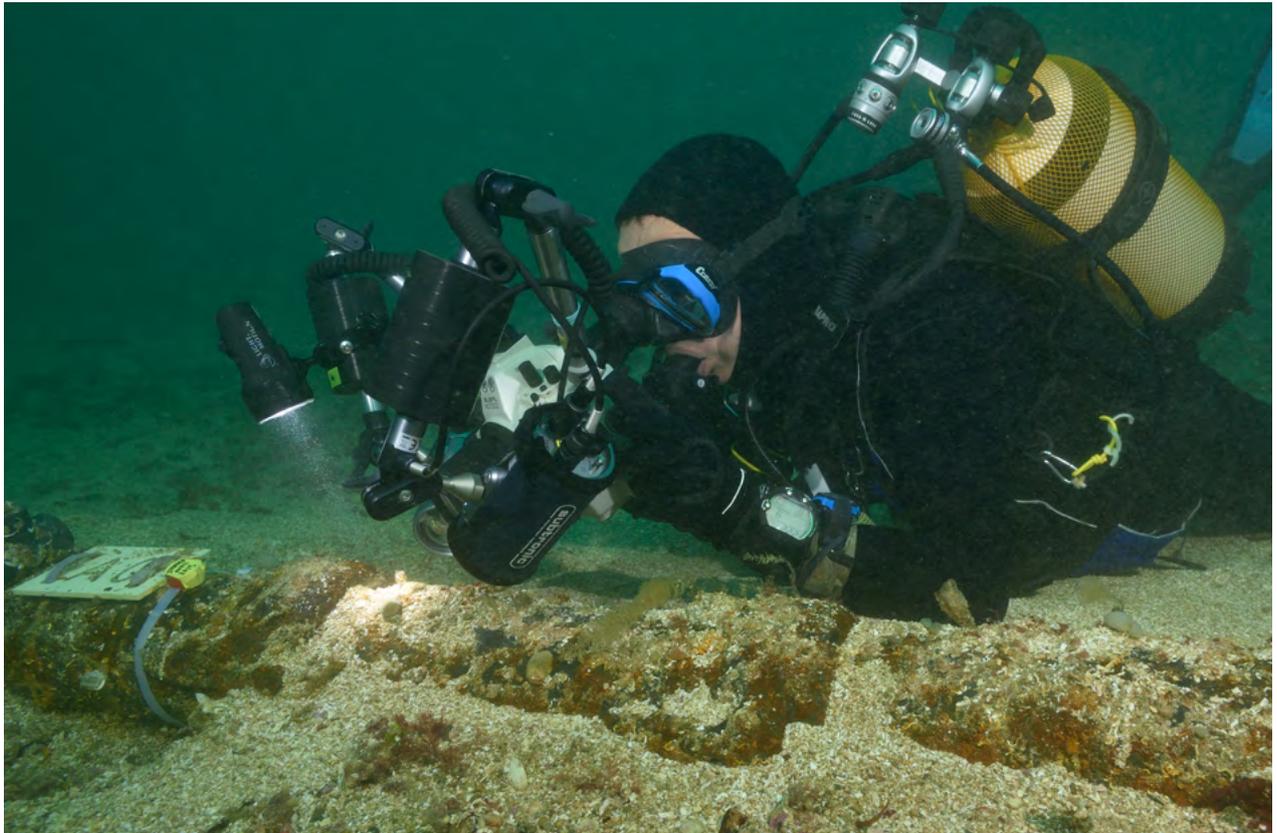
ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES : QUELS EFFETS SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS ?

Les côtes françaises s'apprêtent à accueillir, durant la décennie 2021-2030, plusieurs parcs éoliens posés sur le fond de la mer. D'autres technologies moins matures, comme l'hydrolien ou l'éolien en mer flottant, sont d'ores et déjà testées depuis quelques années sur différents sites pilotes. L'implantation de ce nouveau type d'activité humaine en mer pose la question des conséquences environnementales sur les espèces, les habitats et le fonctionnement des écosystèmes côtiers.

Depuis le lancement des premiers appels d'offres de l'État pour la construction et l'exploitation de parcs éoliens en mer, l'Ifremer contribue à l'acquisition des connaissances nécessaires à la compréhension et à l'évaluation des effets possibles des projets d'énergies marines renouvelables sur les écosystèmes. Si l'Europe du Nord, qui a installé plus de 4500 éoliennes en mer, dispose déjà d'un recul scientifique conséquent sur l'incidence de ces installations sur les oiseaux marins, les mammifères, les poissons et les invertébrés, des incertitudes et des interrogations demeurent. Par exemple : comment envisager, sur le long terme, l'effet « récif » des structures artificielles immergées ? Quelle est l'influence des câbles électriques sous-marins sur les invertébrés benthiques ?

En collaboration étroite avec l'institut France Énergies Marines (FEM) et le Réseau de transport d'électricité (RTE), l'Ifremer a développé un protocole de suivi de la colonisation benthique des fondations d'éoliennes, basé sur l'imagerie sous-marine. Cette approche non destructive permet d'étudier la dynamique de la biodiversité de manière efficace et régulière, dans des environnements parfois difficiles d'accès et balayés par de forts courants de marées comme les sites hydroliens.

Durant six années, l'Ifremer a réalisé le suivi du câble de raccordement du site pilote hydrolien de Paimpol-Bréhat après son installation, en exploitant des photographies haute résolution effectuées en plongée.



MESURES DE L'IMPACT DES CÂBLES ÉLECTRIQUES SOUS-MARINS
SUR L'ÉCOSYSTÈME MARIN © Ifremer - O. Dugornay

Selon les résultats obtenus, les communautés d'invertébrés fixés qui se développent sur deux substrats artificiels — les coques de protection en fonte du câble et les matelas de béton stabilisateurs — n'acquièrent pas la même composition taxonomique que lorsqu'elles évoluent sur les fonds environnants. Au bout de six ans, celle-ci n'est toujours pas stabilisée.

À l'inverse, les invertébrés mobiles de grande taille, à l'image du homard et du tourteau, colonisent rapidement ces mêmes structures. Leurs effectifs sont stables dès la troisième année suivant l'installation du câble.

Les recherches de l'Ifremer ont également porté sur la caractérisation des champs électromagnétiques émis par les câbles sous-marins de raccordement des installations, dans lesquels transitent de fortes intensités électriques. On sait que diverses espèces marines, en particulier migratrices, utilisent l'environnement électromagnétique naturel, lequel peut être perturbé au voisinage de ces câbles de forte puissance. En collaboration avec la Norvège, des expérimentations en laboratoire ont été menées

sur le homard européen qui fréquente les structures artificielles. Les résultats révèlent que le comportement des juvéniles ne s'en trouve pas modifié. Cette expérimentation s'inscrit plus largement dans le projet de recherche et développement collaboratif « *Species* » financé par FEM et l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Taormina Bastien, Bald Juan, Want Andrew, Thouzeau Gerard, Lejart Morgane, Desroy Nicolas, Carlier Antoine (2018). **A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions.** *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 96, 380-391. Publisher's official version: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.026>

Taormina Bastien, Di Poi Carole, Agnalt Ann-Lisbeth, Carlier Antoine, Desroy Nicolas, Escobar-Lux Rosa Helena, D'eu Jean-François, Freytet Florian, Durif Caroline M.F. (2020). **Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster (*Homarus gammarus*).** *Aquatic Toxicology*, 220, 105401. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105401>

Taormina Bastien, Marzloff Martin, Desroy Nicolas, Caisey Xavier, Dugornay Olivier, Metral Thiesse Emmanuelle, Tancray Aurelien, Carlier Antoine. **Optimizing image-based protocol to monitor macroepibenthic communities colonizing artificial structures.** *ICES Journal of Marine Science* IN PRESS. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz249>

EUTROPHISATION : AMÉLIORER LE BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE DES EAUX

Dans le contexte de la mise en œuvre de la directive cadre européenne stratégie pour le milieu marin (DCSMM), l'Ifremer propose une approche innovante couplant modélisation et écologie numérique afin de repérer des scénarios d'abattement de nutriments pour 45 cours d'eau français. Il s'agit de définir des concentrations en mer susceptibles de limiter la croissance du phytoplancton et donc d'être compatibles avec le bon état écologique des eaux. Les résultats soulignent le besoin d'agir à la fois sur les concentrations en nitrate et en phosphate ; les efforts s'avérant plus ou moins importants selon les bassins versants considérés.

Pour certains cours d'eau, la réduction des concentrations actuelles en nitrate et en phosphate devrait être bien supérieure à 50 % afin de limiter les effets directs et indirects de l'eutrophisation. L'optimisation des systèmes d'observation de la qualité du milieu marin,

ainsi que l'amélioration des connaissances concernant la dynamique des efflorescences du phytoplancton en réponse aux apports de nutriment, dans un contexte de changements sociologiques et climatiques, devraient permettre de poursuivre le développement des outils numériques d'aide à la scénarisation et à la décision. Toujours en appui à la recherche comme à la politique publique.

En complément, le développement des systèmes de classification et de modélisation par l'intelligence artificielle devrait permettre de caractériser la dynamique des états environnementaux afin d'en favoriser la prédiction et d'engager des mesures adaptées.

Menesguen Alain, Dussauze Morgan, Dumas Franck, Thouvenin Benedicte, Garnier Valerie, Lecornu Fabrice, Repecaud Michel (2019). **Ecological model of the Bay of Biscay and English Channel shelf for Environmental Status assessment Part 1: Nutrients, phytoplankton and oxygen.** *Ocean Modelling*, 133, 56-78. Publisher's official version: <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2018.11.002>



EAU COLORÉE À LEPIDODINIUM CHLOROPHORUM (DINOFLAGELLÉ) DEVANT LA PLAINE-SUR-MER (44) LE 1^{ER} AOÛT 2014 © Minyvel Environnement - Yves le Médec

GÉRER DURABLEMENT LES RESSOURCES MARINES

POUR LE BIEN-ÊTRE DES SOCIÉTÉS HUMAINES UN OCÉAN DE SOLUTIONS

L'Ifremer mène des recherches, innove et conduit des expertises pour proposer des solutions durables afin de nourrir, soigner ou produire de l'énergie pour bientôt 9 milliards d'êtres humains sur Terre.

ASSURER LA DURABILITÉ DE LA PÊCHE ET DE L'AQUACULTURE

L'IFREMER PARTIE PRENANTE DU CONSEIL INTERNATIONAL POUR L'EXPLORATION DE LA MER

Principale source des avis scientifiques en matière de gestion des ressources halieutiques et des environnements marins de l'Atlantique Nord-Est, le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) est une organisation de coopération en sciences marines qui offre aux scientifiques, depuis sa création en 1902, un espace de travail et de collaborations. Le CIEM joue un rôle de coordination des recherches, de standardisation des méthodes et de partage des données et des connaissances. Il élabore des diagnostics et des avis, indépendants, consensuels et impartiaux, basés sur les derniers développements scientifiques produits par la communauté internationale.

Si une grande partie des groupes de travail concerne les pêches, toutes les thématiques en sciences marines sont abordées et regroupées en sept priorités : science des écosystèmes, impacts anthropiques, observation et exploration, technologies et techniques émergentes, productions marines (pêche et aquaculture), conservation et gestion, la mer et la société.

En 2019, le CIEM a organisé et coordonné les travaux de 155 groupes de travail. 122 scientifiques français dont 73 de l'Ifremer ont participé à 83 de ces groupes. La participation française a été financée par des fonds européens, des conventions avec les ministères et des projets de recherche. Dans ce cadre, les scientifiques de l'Ifremer ont pris la responsabilité de travaux internationaux concernant les pêcheries mixtes, les campagnes écosystémiques en mer, et les sciences économiques et sociales. Ils ont également joué un rôle majeur dans des avis portant sur l'état des stocks de poissons et du benthos.

Les documents de stratégie du CIEM parus en 2019 mettent l'accent sur les sciences de la soutenabilité, réaffirment son engagement à comprendre le fonctionnement des écosystèmes marins et à contribuer à sécuriser les services qu'ils rendent à la société.

UNE STRATÉGIE EN FAVEUR DE LA DURABILITÉ DES PÊCHERIES OUTRE-MER

Parmi les espèces débarquées dans les départements d'outre-mer, une grande partie est issue de populations qui ne sont pas évaluées. Ces populations non évaluées représentent entre 82 et 95 % des espèces débarquées outre-mer. Les connaissances de ces dernières ne sont pas satisfaisantes, elles ne permettent pas, par exemple, de fixer une valeur cible pour la gestion des pêches tel que le rendement maximum durable⁽¹⁾. *À fortiori* elles ne satisfont pas non plus aux principes de l'approche écosystémique des pêches, une méthode qui consiste à dépasser les limites des méthodes d'évaluation et de gestion traditionnelles des ressources halieutiques. La pêche ne peut en effet être considérée isolément mais dans un ensemble qui tient compte des interactions qu'elle entretient avec l'environnement – autres espèces non commerciales, fond de la mer, colonne d'eau, trait de côte... – et les activités humaines.

À la demande de la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA), un état des lieux concernant la connaissance des stocks des départements d'outre-mer a été dressé en 2019 et une réflexion sur les conditions de la mise en œuvre d'une telle approche pour une pêche durable a été menée.

Différentes actions sont nécessaires. À savoir identifier les effets de la pêche sur les espèces cibles, sur la biodiversité associée et les habitats, améliorer la sélectivité des engins de pêche, définir le niveau de pression de pêche optimal visant à préserver la biodiversité et à ne pas altérer la fonctionnalité des communautés exploitées, déterminer les autres facteurs qui s'exercent sur les habitats et les ressources comme les pollutions, les espèces invasives, le changement climatique, les aménagements portuaires..., afin d'agir en amont lorsque cela est possible. Cela revient également à établir les conditions de rentabilité des pêcheries en vue d'adapter les filières aux nouveaux objectifs écosystémiques, ainsi qu'à définir les conditions du bien-être social des marins-pêcheurs.

Cette démarche nécessite de disposer d'indicateurs précis afin de viser les objectifs à atteindre ou les seuils à ne pas dépasser lorsqu'il est question d'état des stocks, de biodiversité, de qualité des habitats, de conditions de rentabilité, de bien-être social.

1. Le rendement maximal durable (RMD) parfois appelé production maximale équilibrée (PME) ou en anglais, *Maximum Sustainable Yield* (MSY), est la plus grande quantité de biomasse que l'on peut extraire en moyenne et à long terme d'un stock halieutique dans les conditions environnementales existantes sans affecter le processus de reproduction (définition FAO). <https://wwz.ifremer.fr/peche/Les-grands-defis/Les-priorites/Rendement-maximal>

SÉCURISER LA QUALITÉ SANITAIRE DES COQUILLAGES

IDENTIFIER LES MICRO-ALGUES TOXIQUES EN POLYNÉSIE FRANÇAISE : UN NOUVEL OUTIL DE SÉQUENÇAGE

Dans les zones tropicales, certaines micro-algues benthiques, les dinoflagellés, sont productrices de toxines responsables d'intoxications alimentaires. La ciguatera, appelée familièrement « gratte », très répandue en Polynésie française, se caractérise par des troubles digestifs, neurologiques et cardiovasculaires. Ce sont des toxines produites par des espèces appartenant au genre *Gambierdiscus* qui sont à l'origine de ces maux. D'autres genres potentiellement toxiques comme *Ostreopsis* cohabitent avec *Gambierdiscus* et leur développement peut aussi être à l'origine de risque pour la santé humaine.

Dans le cadre des recherches menées sur la ciguatera en Polynésie, l'Institut Louis Malardé collabore avec le laboratoire Environnement ressources Bretagne occidentale (LERBO) de l'Ifremer, spécialisé dans la taxinomie, afin d'identifier les espèces présentes par approche morphologique (microscopie) et moléculaire (séquençage). Le projet Tatoo (Taxonomie et toxicité du genre *Ostreopsis* en Polynésie française) vise une meilleure connaissance de la diversité des espèces à risque dans les différents archipels.

Le projet a pour objectif de mettre au point une méthode innovante afin de détecter les espèces toxiques à partir d'ADN environnemental par séquençage grâce à la technologie Oxford Nanopore. Cette technologie autorise le séquençage de fragments longs de plusieurs milliers de paires de base d'ADN, renfermant un signal taxonomique plus important. Bien que générant un nombre d'erreurs de séquençage significativement plus élevé, la longueur des fragments obtenus reste très intéressante pour l'identification spécifique.

Cette méthode offre un avantage de taille : l'opération est réalisée par un séquenceur miniaturisé et portable, qui serait à même à terme d'effectuer

le screening des espèces dans des sites dépourvus de laboratoire de recherche, comme sur certaines îles isolées de Polynésie française.

En novembre 2019, une mission conjointe Institut Louis Malardé/Ifremer a été menée à Moorea afin d'échantillonner divers sites et réaliser le séquençage au laboratoire à Papeete, non équipé pour les analyses moléculaires en routine. Les premiers résultats sont très encourageants. Cependant, l'analyse des données par traitement bio-informatique plus approfondi doit être effectuée car des outils spécifiques à ce type de séquences sont à développer, ce qui sera le cas au cours des prochains mois. L'utilisation de cet outil, particulièrement innovant dans le cadre des micro-algues toxiques, pourrait, dans le futur, permettre l'analyse d'un nombre important d'échantillons et une meilleure identification des zones à risque ciguatérique dans les archipels polynésiens.

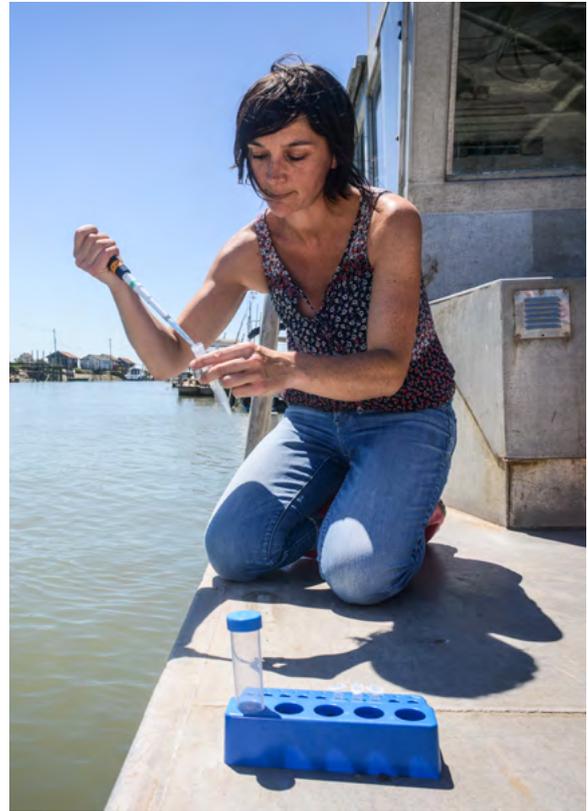
PROJET EUROPÉEN VIVALDI : POUR UNE MEILLEURE SANTÉ DES MOLLUSQUES MARINS

Détection précoce des organismes pathogènes affectant les coquillages, renforcement des défenses immunitaires des huîtres, identification d'individus plus résistants à certaines maladies et des facteurs environnementaux ayant une incidence sur les épisodes de mortalité... Lancé en avril 2016, pour une durée de quatre ans, le projet de recherche Vivaldi soutenu par le programme Horizon 2020 est arrivé à son terme. Sous la coordination de l'Ifremer, référence européenne sur les maladies des coquillages, il a rassemblé 21 instituts de recherche et entreprises de 11 pays différents. De nombreux résultats scientifiques et des recommandations pour une meilleure gestion des maladies des coquillages ont été tirés de ces études.

La conchyliculture est un secteur économique essentiel en Europe, employant plus de 40 000 personnes. Mais elle est confrontée à des épisodes de mortalité récurrents. Le virus OsHV-1 cause par exemple de fortes mortalités chez les jeunes huîtres creuses dans différents États membres de l'Union européenne, tout particulièrement depuis 2008.

Un autre organisme pathogène, la bactérie *Vibrio aestuarianus*, a été associé à des épisodes de mortalité en France et en Irlande chez les huîtres creuses adultes. Les autres espèces de mollusques exploitées ne sont pas épargnées. On peut citer les populations

de coques qui ont décliné de façon dramatique en Galice en lien avec la présence d'un parasite appelé *Marteilia cochillia*.



CHERCHEURE AU LABORATOIRE DE GÉNÉTIQUE ET PATHOLOGIE DES MOLLUSQUES MARINS (LGPM), ISABELLE ARZUL EST LA COORDINATRICE DU PROJET EUROPÉEN VIVALDI, RÉUNISSANT 21 PARTENAIRES DE 11 PAYS DIFFÉRENTS, QUI S'EST ACHEVÉ EN NOVEMBRE 2019. © Ifremer/Lionel Pawlowski

Près de quatre ans après son lancement, le projet Vivaldi s'est achevé par une conférence du 26 au 28 novembre 2019. Elle a réuni l'ensemble des partenaires et des parties prenantes à Brest. « Les résultats obtenus permettent de mieux connaître les organismes pathogènes qui affectent les élevages conchylicoles, de mieux comprendre les facteurs qui influencent les mortalités des bivalves et d'identifier des solutions pour éviter ou réduire l'impact de ces maladies », souligne Isabelle Arzul, chercheure à l'Ifremer au laboratoire de Génétique et pathologie des mollusques marins (LGPM) à La Tremblade, et coordinatrice du projet Vivaldi. Quatre sites ateliers ont fait l'objet d'un effort particulier en matière d'échantillonnage et d'analyse : le delta de l'Ebre et la ria de Vigo en Espagne, la baie de Dungarvan en Irlande, et la rade de Brest en France.

La Commission européenne se montre très intéressée par les possibles conséquences sur l'évolution et la mise en œuvre de la réglementation, les méthodologies développées et la poursuite du réseau international d'experts mis en place. Enfin, des États-Unis à la Chine en passant par la Corée du Sud ou la Nouvelle-Zélande, le projet Vivaldi a permis de créer un réseau d'experts internationaux au-delà des frontières européennes, afin de partager les résultats des travaux de recherche et les informations concernant l'émergence de nouvelles maladies.

Financé par le programme de recherche Horizon 2020 et coordonné par l'Ifremer, le projet Vivaldi a réuni 21 partenaires, majoritairement européens : Ifremer (France), CNRS (France), Labogena DNA (France), SYSAAF (France), CSIC (Espagne), IRTA (Espagne), Université de Cork (Irlande), Université de Galway (Irlande), Université de Gènes (Italie), Université de Trieste (Italie), Université de Padoue (Italie), Institut de Recherche Marine (Norvège), NOFIMA AS (Norvège), CEFAS (Royaume uni), Université de Liverpool (Royaume uni), Université Queen de Belfast (Royaume uni), Institut Alfred Wegener (Allemagne), *Marine Institute* (Irlande), *Atlantium Technologies* (Israël), Université de Wageningen (Pays-bas), *National Veterinary Institute* (Danemark).



LIEN VIDÉO VIVALDI (*Preventing and Mitigating Farmed Bivalve Diseases*) :
<https://www.youtube.com/watch?v=eDwj7e1F4FY>

ÉVALUER LES ENJEUX DE L'EXPLOITATION DES RESSOURCES MINÉRALES

LA CAPACITÉ DE RÉGÉNÉRATION DES ÉCOSYSTÈMES HYDROTHERMAUX

Le laboratoire Environnement profond (LEP) a noué un partenariat avec le département recherche et développement de la compagnie pétrolière norvégienne Equinor dans le cadre du projet européen H2020 Merces (*Marine Ecological Restoration in Changing European Seas*) dédié à la restauration des écosystèmes marins.

Mieux comprendre la résilience des écosystèmes hydrothermaux en matière de dynamique de colonisation et de connectivité écologique le long d'un gradient d'activité hydrothermale, depuis les zones inactives jusqu'aux sites actifs, tel était l'objectif poursuivi. Ces connaissances devraient aider à proposer des solutions permettant de limiter les conséquences environnementales d'une exploitation potentielle et assurer la mise en place d'éventuelles actions de restauration.

À la suite d'une expérimentation de défaunation sur l'édifice Montségur, situé à 1700 mètres de profondeur sur le champ hydrothermal *Lucky Strike*, le long de la dorsale médio-Atlantique, les chercheurs se sont intéressés à la dynamique de colonisation de la faune. Comme l'explique la scientifique Jozée Sarrazin, « cette opération a certes été réalisée sur de toutes petites surfaces — moins d'un mètre carré —, néanmoins elle apportera des données cruciales sur la capacité de ces communautés à revenir à leur état initial après une perturbation ».

Au regard des premiers résultats, après un an, les indices de biodiversité s'avèrent similaires à ceux des communautés d'origine, mais les abondances de faune sont significativement plus faibles. La résilience est également évaluée à travers l'étude de l'évolution du réseau trophique, de la structure démographique ainsi que de la reproduction des espèces dominantes.

Des réponses devraient être apportées, à terme, quant à la capacité de régénération naturelle des écosystèmes hydrothermaux et à l'identification des mécanismes sous-jacents. La collaboration avec Equinor porte aussi sur la distribution spatiale de la méiofaune le long d'un gradient d'activité hydrothermale depuis les zones inactives jusqu'aux

sites actifs en passant par des zones périphériques. Ce travail a été également effectué à plus de 3500 mètres de profondeur sur deux autres champs hydrothermaux de la ride médio-atlantique : les champs TAG et *Snake Pit*.



ÉQUIPE DE SCIENTIFIQUES DU LABORATOIRE
ENVIRONNEMENT PROFOND TRAVAILLANT
SUR LA CAPACITÉ DE RÉGÉNÉRATION
DES ÉCOSYSTÈMES HYDROTHERMAUX
© Crédits : Ifremer - S. Lesbats

Cowart Dominique, Matabos Marjolaine, Brandt Miriam, Marticorena Julien, Sarrazin Jozee (2020). **Exploring Environmental DNA (eDNA) to Assess Biodiversity of Hard Substratum Faunal Communities on the Lucky Strike Vent Field (Mid-Atlantic Ridge) and Investigate Recolonization Dynamics After an Induced Disturbance.** *Frontiers in Marine Science*, 6 (783), 21p. Publisher's official version: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00783>

INNOVER POUR UNE INDUSTRIE OFFSHORE RESPONSABLE, DÉRISQUÉE, DURABLE ET DIGITALE

LA QUALITÉ ÉCOLOGIQUE DU MILIEU MARIN ET L'INFLUENCE DES INSTALLATIONS PÉTROLIÈRES

Dans le contexte de la convention Osoar⁽¹⁾ et de la directive cadre stratégie pour le milieu marin, Total souhaite disposer d'indicateurs permettant de définir la qualité des eaux de rejet des plateformes pétrolières selon des paramètres physico-chimiques, de biomasse et de biodiversité. C'est ainsi qu'est né le projet Macrocosme pour lequel l'Ifremer et Total ont signé un contrat de collaboration de recherche et développement.

L'objectif du projet Macrocosme est de constituer le dossier technique détaillé d'un dispositif permettant de comparer l'évolution de l'écosystème entre deux zones : l'une correspondant au panache des installations pétrolières et une zone témoin. Le dispositif serait constitué d'une bouée emportant un observatoire de surface ainsi qu'un second observatoire de sub-surface reliés par un ombilical afin de pouvoir effectuer des mesures physico-chimiques en deux points de la colonne d'eau.

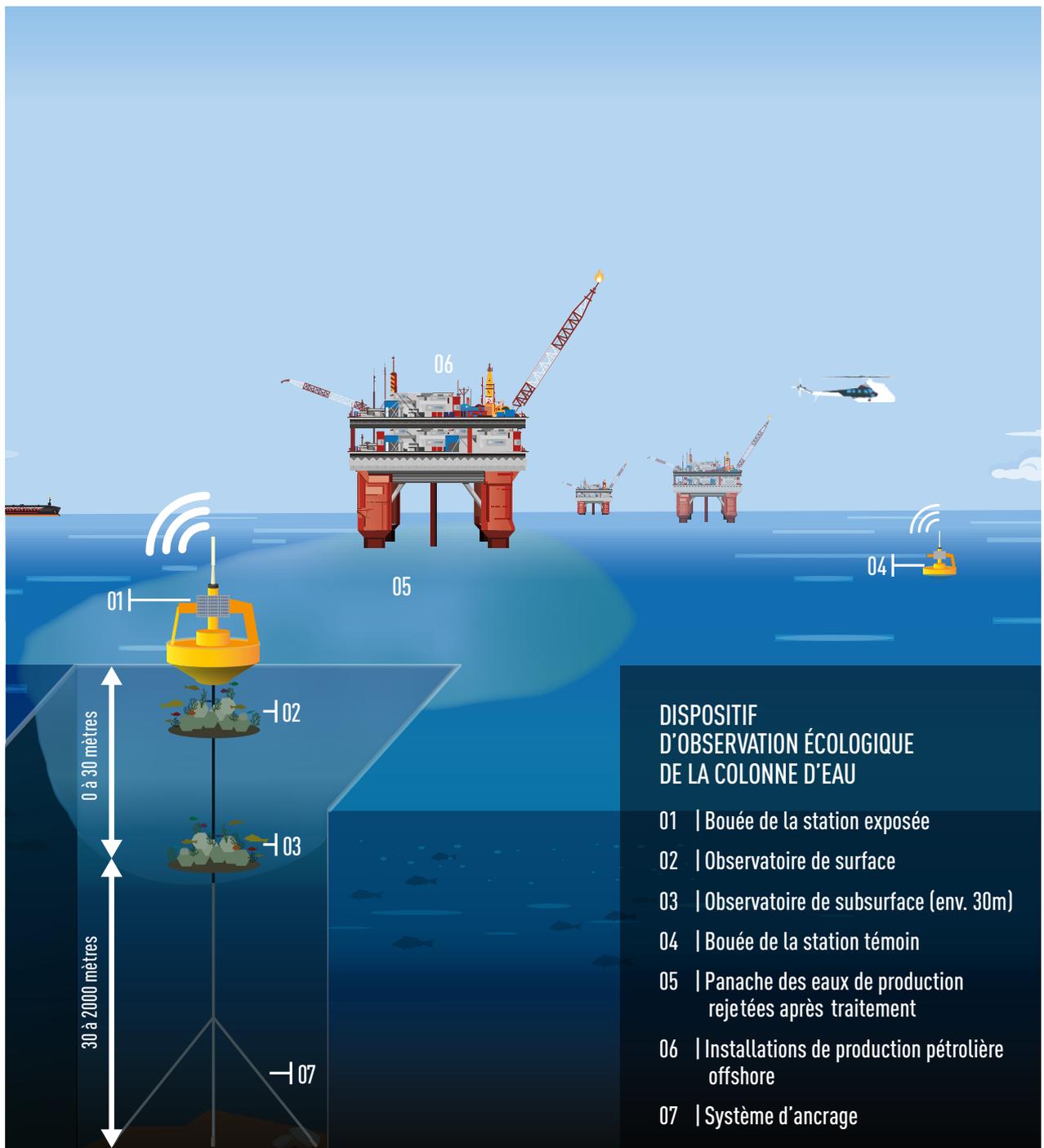
Total prendra ensuite la décision ou non de lancer la fabrication de deux bouées prototypes qui seront déployées sur un site pilote. Pour l'Ifremer, l'enjeu technologique est de fédérer plusieurs industriels liés au domaine océanographique afin de proposer une solution intégrée et optimisée aux problématiques d'observatoires en zone côtière ou hauturière. Cette solution s'appuie sur divers systèmes développés par l'Ifremer depuis plusieurs années, validés indépendamment et de niveau de maturité technologique élevé (TRL).

Ceux-ci ont fait l'objet d'un dépôt de brevet pour le système de prélèvement Marel et d'un transfert de savoir-faire en vue du déploiement commercial du cœur électronique de gestion des capteurs Costof2.

Au niveau scientifique, l'enjeu est de disposer d'indicateurs fiables produits par un système de mesures automatisées. Ce projet, qui fait appel à de nombreuses spécialités, a également pour intérêt de favoriser des relations entre les différents départements de l'institut.

L'Ifremer et Total, finançant à parts égales Macrocosme, se partageront la copropriété des résultats et seront libres de les exploiter dans le domaine de la surveillance environnementale.

(1) La Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est ou Convention Ospam (Ospam pour Oslo-Paris) vise à prévenir et à éliminer la pollution marine et ainsi à protéger l'Atlantique du Nord-Est contre les effets néfastes des activités humaines.



LE PROJET MACROCOSME CONSISTE À DÉVELOPPER UNE SOLUTION POUR ESTIMER L'EFFET DES EAUX DE REJET ENVIRONNANT LES PLATEFORMES PÉTROLIÈRES VIA UN ÉCOSYSTÈME ARTIFICIEL SUR SUPPORT FLOTTANT.

EVOLEN'UP OU COMMENT RELEVER LE DÉFI DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Créé à l'automne 2019, le tout nouvel accélérateur de start-up *Evolen'Up* a lancé le 20 janvier 2020 son premier appel à solutions innovantes dans le domaine de la transition énergétique. L'Ifremer est au premier rang des partenaires engagés dans cette démarche d'innovation.

Evolen'Up est né de la volonté de l'association Evolen qui fédère plus d'un millier de professionnels de la filière énergie. Cette dernière couvre un large spectre d'activités qui s'étend du secteur des hydrocarbures – exploration, raffinage, distribution – jusqu'aux énergies nouvelles – production et stockage d'énergies marines renouvelables. En créant *Evolen'Up*, avec dix partenaires fondateurs dont l'Ifremer, son ambition est d'accompagner des solutions nouvelles susceptibles de répondre aux défis énergétiques d'aujourd'hui et de demain. L'accélérateur est destiné à l'accueil de porteurs de projets dont les innovations améliorent l'efficacité opérationnelle des dispositifs énergétiques, servent la gestion responsable de l'énergie ou agissent pour la réduction de l'empreinte environnementale de la filière.

Le terrain d'exploration envisagé est vaste pour des applications dans le domaine des productions d'énergie propre, de l'éolien offshore, du pétrole et du gaz, du transport maritime, de la surveillance des infrastructures mais aussi de l'intelligence artificielle et des infrastructures digitales.

Comme partenaire fondateur, l'Ifremer apporte son soutien scientifique et technique aux candidats intéressés. À ce jour, cinq premières start-up ont intégré *Evolen'Up*, dont une entreprise qui développe des capteurs permettant de détecter les déformations 3D des structures ou encore une société qui est à l'origine d'une technique innovante de synthèse du graphène utilisé pour la protection ignifuge, l'anti-corrosion, l'amélioration de la lubrification...

DÉVELOPPER LES BIOTECHNOLOGIES MARINES : LE BANC DE PHÉNOTYPAGE, UNE INVENTION BREVETÉE

INTERVIEW DE JEAN-BAPTISTE BÉRARD DE L'IFREMER – LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE ET BIOTECHNOLOGIE DES ALGUES (PBA)



© Ifremer - O. Dugornay

COMMENT EST NÉE L'IDÉE DU BANC DE PHÉNOTYPAGE ?

Le laboratoire de Physiologie et biotechnologie des algues (PBA) travaille depuis plusieurs années sur des programmes d'amélioration génétique et de sélection d'espèces de microalgues valorisables au sein des projets Shamash, Facteur 4, Opale et dernièrement DynAlgue. À la suite de la réalisation des premiers projets, un constat général est naturellement apparu : l'absence d'un système de culture approprié pour comparer les performances spécifiques (ou phénotypes) des souches améliorées pour des conditions de culture identiques. Aussi le laboratoire a mobilisé ses compétences en culture et physiologie des microalgues pour développer un dispositif innovant de phénotypage à « haut débit ». Un tel système permet de cultiver un grand nombre de souches dans des conditions parfaitement homogènes et reproductibles. Ce banc de phénotypage unique constitue une brique essentielle dans la mise en œuvre du projet DynAlgue qui a pour objectif de réaliser la première approche de génétique d'association sur différentes souches de *Tisochrysis lutea*, microalgue communément utilisée en aquaculture.

LES MICROALGUES OFFRENT UN POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DANS DE NOMBREUX DOMAINES INDUSTRIELS. COMMENT LE PROJET DYNALGUE Y CONTRIBUE-T-IL ?

Le but du projet DynAlgue, qui a commencé en 2017, consiste à « associer » statistiquement la présence de gènes et/ou de combinaisons de gènes à différents caractères phénotypiques, comme la production de certaines molécules d'intérêt biotechnologique. Ces molécules peuvent être des pigments, des lipides ou des sucres qui pourront avoir des applications dans des domaines variés, comme la santé, la nutrition humaine et animale. Dans le cas de DynAlgue, nous nous intéressons à des pigments aux propriétés anti-oxydantes. Ce projet a pour objectif d'exploiter la diversité génétique de différentes souches de la microalgue *T. lutea* en vue d'établir un lien entre la variation phénotypique — ici la production de pigments d'intérêt — et la variation moléculaire — présence d'un gène et/ou d'une combinaison de gènes. *In fine*, l'ambition est double : sélectionner la souche productrice des pigments d'intérêt et identifier les marqueurs moléculaires (gènes) à l'origine de la production de ces pigments. Ces marqueurs moléculaires pourront, par la suite, être utilisés dans des programmes de sélection de souches de microalgues d'intérêt pour les industriels. Ces approches de génétique d'association sont courantes dans le monde des plantes d'intérêt agronomique mais n'ont pas encore été mises en œuvre chez les microalgues.

EN QUOI CONSISTE LE PHÉNOTYPAGE ?

Le phénotypage consiste à observer les caractères phénotypiques d'un organisme dans des conditions contrôlées et homogènes. Pour cela, il est impératif que les conditions de culture soient strictement identiques afin de comparer les souches entre elles et mettre à jour leur véritable potentiel. La mise en œuvre de ces approches reste souvent fastidieuse et chronophage notamment lorsque les individus à phénotyper sont nombreux. Le banc de phénotypage « haut débit » a permis de lever un réel verrou technologique. Grâce à ce dispositif robuste, nous pouvons désormais comparer phénotypiquement un plus grand nombre de souches d'intérêt.

LE BANC DE PHÉNOTYPAGE A FAIT L'OBJET D'UN BREVET DÉPOSÉ EN DÉCEMBRE 2019. QUE SIGNIFIE POUR VOUS CETTE DÉMARCHE ?

Après deux ans de développement, le dispositif est maintenant opérationnel. En 2019, accompagnés par la Direction du partenariat et du transfert pour l'innovation (DI) de l'Ifremer, nous avons déposé un brevet. Son obtention apporte une reconnaissance du savoir-faire du laboratoire et par extension de l'Ifremer, en recherche et en valorisation des microalgues. La forte sollicitation de ce dispositif en interne au laboratoire, et plus récemment en externe, témoigne de sa pertinence. Indéniablement, cet outil apportera une réelle visibilité au Centre Atlantique de l'Ifremer dans l'étude des microalgues pour les biotechnologies et l'environnement.

CONSTRUIRE ET PARTAGER UN OCÉAN NUMÉRIQUE

UN OCÉAN DE DONNÉES ET DE SERVICES

Comme dans tous les domaines, la transition numérique affecte les activités marines et maritimes aussi bien que nos pratiques professionnelles. Gérer les masses croissantes de données sur l'océan et permettre leur transformation en services pour les citoyens, les entreprises et la communauté scientifique est ainsi un enjeu majeur pour partager les connaissances sur l'océan, comme pour favoriser une croissance économique respectueuse du milieu marin. Cette masse de données disponibles est aussi à la base des modélisations permettant de tester des hypothèses, remonter dans le passé ou se projeter dans le futur.

CONCEVOIR ET OPÉRER DES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE OUVERTES

EURO-ARGO SE DÉPLOIE : DE NOUVELLES MISSIONS, DE NOUVEAUX ENJEUX

Le programme mondial Argo consiste à développer un réseau mondial de flotteurs-plongeurs dérivants autonomes. Il a été lancé en 2000 par la Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco (COI) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

L'infrastructure européenne de recherche ERIC (*European Research Infrastructure Consortium*) Euro-Argo a été créée en mai 2014. Euro-Argo est la contribution européenne au réseau international Argo.

En juin 2019, un groupe de scientifiques mis en place par le conseil d'administration de l'ERIC Euro-Argo a évalué le bilan des cinq premières années d'existence ainsi que le plan prévisionnel de la période 2019-2023. Au cours des cinq années passées, les pays membres de l'ERIC Euro-Argo ont joint leurs efforts pour instaurer les éléments essentiels d'une infrastructure de recherche efficace : une équipe de coordination, qui s'est étoffée au fil du temps, hébergée par l'Ifremer sur le site de Plouzané, une gouvernance impliquant les douze membres de l'ERIC, un plan de financement supporté à la fois par les pays membres et la Commission européenne à travers des projets, une communauté d'utilisateurs européens consolidée.

L'ERIC Euro-Argo est parvenu à une période charnière de son histoire. Il faut à la fois pérenniser la contribution européenne à la mission initiale Argo et démarrer la mise en place de la nouvelle mission qui se veut globale, de la surface au fond des océans, et multidisciplinaire. Ces extensions constituent un enjeu sur le plan technique avec de nécessaires développements technologiques pour pouvoir se déployer

vers les hautes latitudes, l'océan abyssal (voir page 24 flotteurs Deep-Arvor), la biogéochimie et le côtier. Le système de gestion de données sera ainsi étendu tout en préservant le haut niveau de qualité nécessaire aux applications de suivi du climat et de la santé des océans. C'est aussi un enjeu financier car le coût de la nouvelle mission est environ trois fois supérieur

à celui de la mission initiale. Fort de ce bilan très positif, le programme de travail de l'ERIC Euro-Argo a été validé pour les cinq prochaines années et le bureau de coordination, aujourd'hui composé de huit personnes, continuera d'être hébergé par l'Ifremer sur le campus brestois.



DÉPLOIEMENT D'UN FLOTTEUR ARGO EN BAIE DE BASSIN DEPUIS LE BRISE-GLACE AMUNDSEN NCGC (NAVIRE DE LA GARDE CÔTIÈRE CANADIENNE) © IUEM - Lauren O'Dell

OBSERVER L'OCÉAN : CONCEVOIR, DÉPLOYER ET PILOTER DES CAPTEURS, DES SYSTÈMES DE MESURE

NOUVELLE-CALÉDONIE : UN OBSERVATOIRE SOUS-MARIN FRANCO-JAPONAIS EN PROJET

Dans le cadre du dialogue maritime franco-japonais, la création d'un observatoire dans l'océan Pacifique Sud a été identifiée comme un objectif prioritaire de collaboration scientifique entre les deux pays. L'Ifremer et JAMSTEC (*Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology*) ont organisé les 19 et 20 septembre 2019 à Nouméa un atelier visant à définir les objectifs scientifiques et technologiques de cet observatoire. Cet atelier de travail a été précédé d'une visite conjointe du navire océanographique *L'Atalante*, en escale à Nouméa en marge de la campagne Kanadeep 2. Il a rassemblé des acteurs scientifiques, technologiques et socio-économiques de la région Pacifique Sud. Les discussions ont porté sur quatre thématiques principales : la surveillance environnementale des écosystèmes côtiers

et profonds, la pollution tout particulièrement par les (micro -) plastiques, le changement climatique dans l'océan Pacifique et les géosciences. Cet atelier a permis d'élaborer un plan d'action pour 2020 afin de définir l'architecture de l'observatoire sous-marin. Celui-ci devra aussi répondre aux attentes des parties prenantes néo-calédoniennes. Ce plan a été présenté en conclusion aux acteurs du dialogue maritime franco-japonais et au Cluster maritime néo-calédonien.

LA RECHERCHE EUROPÉENNE UNIE POUR OBSERVER LES EAUX CÔTIÈRES

La zone côtière est soumise à de fortes pressions anthropiques. La complexité des phénomènes s'exerçant dans cet espace est l'un des sujets de recherche prioritaires de l'Ifremer. Les projets JERICO (*Joint European Research Infrastructure of Coastal Observatories*) et JERICO-NEXT (*Novel European expertise for coastal observatories*), financés par l'Union européenne depuis 2011 et coordonnés par l'Ifremer, ont pour objectif principal d'améliorer les observations dans le domaine marin côtier au regard de ces multiples pressions.



LE PAGURE 2, CET ENGIN TRACTÉ EST DESTINÉ À ÉTUDIER LES HABITATS BENTHIQUES PAR IMAGERIE VIDÉO ET PHOTO. © Ifremer - O. Dugornay

Le projet européen JERICO-NEXT s'est achevé fin 2019, après quatre ans de collaborations réunissant 34 partenaires, issus de 15 pays européens. L'approche mise en œuvre a considéré le cycle de vie des données dans son intégralité : du développement de capteurs au traitement de la donnée à travers six thèmes scientifiques. Les travaux de l'Ifremer ont particulièrement permis d'avancer sur la biodiversité benthique, les efflorescences phytoplanctoniques, notamment toxiques, ainsi que sur la question de l'hydrodynamique côtière.

Selon l'équipe de coordination, composée de Patrick Farcy, Ingrid Puillat et Laurent Delauney, « JERICO, dont la composante française est ILICO (Infrastructure de recherche littorale et côtière), est la pièce côtière manquante du puzzle du système d'observation océanographique européen ».

À compter de février 2020 et dans la continuité des deux projets précédents, l'Ifremer coordonnera le projet H2020 JERICO-S3 et les activités de ses 39 partenaires. L'objectif est de développer à l'échelle européenne, notamment, un environnement de recherche virtuelle dédié à l'océanographie côtière. Y seront mis à disposition les accès aux données côtières spécifiquement intégrées par JERICO, des outils de traitement et les manuels de meilleures pratiques produits par le réseau d'observation. À terme, cette infrastructure d'observation et de recherche virtuelle aidera à unifier les méthodes d'acquisition et de traitement des données côtières.

SOUS L'EAU. UN DÉFI TECHNOLOGIQUE

INTERVIEW D'AURÉLIEN ARNAUBEC, INGÉNIEUR DE RECHERCHE À L'IFREMER – SERVICE POSITIONNEMENT, ROBOTIQUE, ACOUSTIQUE ET OPTIQUE



© Ifremer - O. Dugornay

L'ÉTUDE DE L'OCÉAN PROFOND EST LIÉE AUX NOUVELLES TECHNOLOGIES D'OBSERVATION. LES CONTRAINTES SONT GRANDES. À QUELS DÉFIS VOUS CONFRONTEZ-VOUS ?

Je travaille à la fois sur le traitement de la donnée optique et sur la conception de nouveaux capteurs. Parce que, avant de pouvoir traiter les données, il faut en faire l'acquisition. À l'aide de mes collègues en électronique, mécanique et optique, nous mettons au point des caméras et des appareils photo dont les performances doivent correspondre aux caractéristiques particulières du milieu sous-marin. On ne peut pas se contenter de placer une caméra dans une enceinte dotée d'un hublot et descendre le système au fond de l'eau. Il faut prendre en compte le fait que l'eau n'a pas le même indice optique que l'air. Quand la lumière passe de l'eau à l'air dans le hublot, elle change de direction. Nous adaptons à la caméra des lentilles de correction. Il nous faut également calculer la résistance mécanique des enceintes qui descendent jusqu'à 6000 mètres. Ensuite nous adaptons l'électronique pour fournir la puissance nécessaire. Nos trois corps de métier s'associent afin de créer l'équipement qui correspond le mieux aux attentes des scientifiques. Nous procédons ensuite aux phases de test à la mer auxquelles je participe. Enfin nous passons à l'étape de l'acquisition de données.

UNE FOIS LES DONNÉES ACQUISES, COMMENT INTERVENEZ-VOUS ?

Sous l'eau, à partir de dix mètres, l'eau atténue énormément la lumière, elle dégrade les couleurs. Les contrastes sont faibles, l'éclairage n'est pas uniforme. On n'a pas de vision d'ensemble de la scène. La deuxième partie de mon travail consiste à développer des algorithmes qui, de manière automatique, à partir de photos ou de vidéos, reconstruisent une vue globale de la scène en 2D ou en 3D. Ce qui permet aux biologistes, aux géologues, d'accéder à une vue d'ensemble qui fait apparaître surfaces et reliefs. Toutes ces représentations étant à l'échelle, il est possible de mesurer au millimètre près chacun des éléments. Jusqu'à récemment, mon activité principale pouvait se résumer à la création de nouveaux capteurs et au traitement des données afin de mettre au point des cartes de vue d'ensemble mesurables et exploitables.

AUJOURD'HUI, UN NOUVEAU CHAPITRE S'OUVRE. IL FAIT APPEL À LA RÉALITÉ VIRTUELLE. EN QUOI CONSISTE-T-IL ?

La question est la suivante : que fait-on de cette donnée ? Surtout si on la traite au cours du temps de la plongée.

Comment rend-on cette information disponible à la fois pour le scientifique et pour le pilote ? La réalité virtuelle va certainement nous aider. Jusqu'ici, j'obtenais ces cartes en temps différé, lorsque la plongée était terminée. On commence à obtenir des algorithmes qui nous permettent d'agir en temps réel. On reconstruit l'environnement en 3D. Le fait de disposer de cette représentation 3D en temps réel va nous permettre d'accélérer la télémanipulation. Les scientifiques se représentent mieux l'environnement et les distances, ce qui accroît leur compréhension durant la mission. Pour mener ce projet à bien, nous avons développé un système de caméras dit stéréo, deux caméras couplées qui sont synchronisées pour voir au même instant les mêmes scènes sous deux angles légèrement différents, ce qui permettra de représenter en temps réel l'environnement et donc de sur-imprimer l'information pour les scientifiques et les pilotes. C'est un développement que l'on va tester bientôt à la mer.

EN 2019, SUR QUELLES MISSIONS AVEZ-VOUS EMBARQUÉ ?

Cette année, les deux missions les plus remarquables auxquelles j'ai participé sont : Kanadeep 2 à bord de *L'Atalante* en Nouvelle-Calédonie où nous avons collecté près de 100 000 photos avec la caméra verticale du robot sous-marin téléguidé, le ROV *Victor 6000* ; et la mission Caladu, sur *L'Europe*, dans le golfe du Lion, chargée d'étudier les coraux d'eau froide. J'aime bien embarquer. On est un peu coupé de l'environnement habituel. J'apprécie cette forme de prise de recul. Travailler ainsi sur toute la chaîne, de l'acquisition de la donnée à son traitement, à ma connaissance nous sommes les seuls à le faire.

CONCEVOIR DES SYSTÈMES D'INFORMATION OUVERTS

L'UNIFICATION DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE, VERS UNE GESTION UNIFIÉE DES DONNÉES MARINES

Depuis plusieurs dizaines d'années, le service de l'Ifremer « systèmes d'informations scientifiques pour la mer » (Sismer) maintient le catalogue — c'est-à-dire l'inventaire exhaustif — des campagnes océanographiques faites à bord des navires de recherche de l'Ifremer, de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), de l'Institut national des sciences de l'univers du Centre national de la recherche scientifique (CNRS/INSU), de l'Institut polaire français Paul-Émile Victor (Ipev) et, dans certains cas, du Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom). Depuis 1913, date de la première mission, 8769 campagnes sont répertoriées dans la base de données du Sismer.

Le Sismer assurait depuis longtemps l'archivage (garantie de non perte des données) et la bancarisation (garantie de description et d'accès à des données ayant passé un contrôle qualité) des données acquises à bord des navires de recherche de l'Ifremer. Mais il n'était pas en mesure d'assurer le même niveau de service pour celles provenant des navires des autres organismes. Grâce à un partenariat efficace, organisé autour du contrat entre l'Ifremer et l'armateur de la FOF (Genavir), l'ensemble des données acquises à bord des navires et engins est aujourd'hui transmis au Sismer dans un délai de deux mois après la fin de la campagne.

À l'issue, les données sont accessibles publiquement via <https://campagnes.flotteoceanographique.fr>.

Pour assurer un service cohérent et homogène, quels que soient les navires et engins concernés, les services de l'Ifremer ont travaillé sur l'installation à bord de centrales d'acquisition au standard Ifremer et sur le développement du système de gestion des campagnes (SGC). Le SGC est un logiciel de type *workflow* qui permet la gestion globale d'une campagne océanographique depuis le dépôt de la demande de campagne jusqu'à la production des documents de restitution, en particulier des *Cruise Summary Reports* (CSR) qui alimentent les descriptifs répertoriés dans la base de données du Sismer. Ceux-ci sont ensuite partagés au niveau européen.

Appels d'offres, évaluation des campagnes par des experts extérieurs, programmation, préparation et déroulement, production des documents de fin de campagne et gestion des fiches de valorisation... Telles sont les étapes suivies par le SGC qui utilise des descriptions standardisées des navires, lieux géographiques, paramètres et instruments définis dans le cadre de l'infrastructure européenne de données marines SeaDataNet. Cette mise en cohérence avec les référentiels européens est une étape incontournable qui contribue à l'application des principes FAIR — *Findability, Accessibility, Interoperability and Reusability* — aux données des campagnes océanographiques françaises.

La campagne IBTS 2020 « *International Bottom Trawl Survey* », qui s'est déroulée en janvier et février 2020, est la première à avoir accompli l'ensemble des étapes du système de gestion des campagnes, de l'appel d'offres jusqu'à la production des documents de fin de campagne.

MODÉLISER POUR COMPRENDRE ET PRÉVOIR L'OCÉAN DU FUTUR

CASSURE ET ÉVOLUTION DU MÉGA-CONTINENT GONDWANA

Le méga-continent Gondwana, rassemblement des plaques Amérique du sud, Afrique, Antarctique, Inde, Australie et Madagascar, s'est disloqué il y a plus de 155 millions d'années. La position respective de ces plaques avant la cassure demeure problématique : une comparaison entre les modèles les plus récents montre en effet des différences de positionnement de plusieurs centaines de kilomètres. Outre les conséquences sur la géologie, ces différences ont une incidence considérable sur la connaissance des ressources minérales de la région.

L'article de Joseph Thompson et co-auteurs, paru dans *Earth-Science Reviews*, propose un nouveau modèle d'évolution cinématique de l'océan Indien, depuis la cassure (avant 155 millions d'années) jusqu'à 84 millions d'années. Une analyse critique des travaux antérieurs, de leurs faiblesses, de leurs forces, et de leurs hypothèses sous-jacentes a été menée. Un nouveau modèle est proposé prenant en compte l'analyse de ces travaux et de leurs incertitudes. Grâce aux nouvelles données acquises par des campagnes à la mer dans le canal du Mozambique (projet Pamela page 21),

ce nouveau modèle intègre l'ensemble le plus exhaustif possible des contraintes géologiques et géophysiques disponibles en particulier sur les marges continentales. Ce nouveau modèle d'évolution donne ainsi une vraie cohérence à l'histoire géologique de cette région.

Thompson Joseph Offei, Moulin Maryline, Aslanian Daniel, De Clarens P., Guillocheau F. (2019). **New starting point for the Indian Ocean: Second phase of breakup for Gondwana.** *Earth-science Reviews*, 191, 26-56. Publisher's official version: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.01.018>

L'OCÉAN COMME MODÈLE MATHÉMATIQUE

INTERVIEW DE BERTRAND CHAPRON DE L'IFREMER, LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE, PHYSIQUE ET SPATIALE (LOPS), LAURÉAT DE L'ERC SYNERGY GRANTS 2019 AVEC LE PROJET STUOD



© Ifremer - S. Lesbats

POURRIEZ-VOUS DÉFINIR CE QUE SIGNIFIE « MODÉLISER L'OCÉAN » ?

Modéliser l'océan, c'est essayer de mieux comprendre la nature de sa dynamique propre sous l'influence des forces internes et externes, à l'image du réchauffement par le soleil, des grandes forces de gravité et de la force de Coriolis. En échange avec l'atmosphère, l'océan répond à ces forces. Il est le lieu d'interactions d'une extrême complexité sur une gamme très large d'échelles spatio-temporelles. Quoique souvent observables, il n'existe pas à l'heure actuelle de capacité numérique suffisante pour les analyser et les comprendre.

QUELLE EST L'AMBITION DU PROJET STUOD 2020-2026, LAURÉAT DE L'APPEL À PROJETS ERC SYNERGY GRANTS 2019 ?

Le projet STUOD, acronyme de *Stochastic Transport in Upper Ocean Dynamics*, réunit, autour de l'étude

des mouvements aléatoires de l'océan, l'*Imperial College of London*, l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria) et l'Ifremer. Son ambition est de proposer et réaliser des travaux de recherche en océanographie physique, s'appuyant sur une approche transdisciplinaire combinant méthodes mathématiques, analyses de données satellite et *in situ*, assimilation de données et calcul numérique intensif. Toutes ces données relatives aux fluctuations de l'océan ont plus de vérité que ce que l'on peut véritablement simuler aujourd'hui. Elles détiennent une richesse encore trop mal exploitée. Et pour mieux les exploiter il faut définir des cadres au sein desquels les équations de la dynamique, et donc la mathématique, de l'océan sont mieux représentées.

COMMENT SE COMPOSE L'ÉQUIPE DE RECHERCHE ?

Avec les professeurs Darryl Holm et Dan Crisan de l'*Imperial College of London*, ainsi qu'Etienne Mémin, directeur de recherche à Inria, nous mettrons en synergie nos compétences diverses pour améliorer les connaissances scientifiques sur les dynamiques aléatoires de la couche supérieure des océans. L'équipe STUOD comprendra également six autres chercheurs et ingénieurs permanents, seize post-docs et douze doctorants. L'objectif du projet c'est de regrouper nos différentes visions et de les instruire à partir de ce que l'Ifremer peut apporter, à savoir une connaissance plus fine de la physique océanique et la capacité d'intégrer de manière plus cohérente l'ensemble des observations.

PENSEZ-VOUS PARVENIR À DES MODÈLES DE PRÉVISION SUR LE LONG TERME ?

Les techniques d'analyses de données ont largement progressé ces dix dernières années pour des analyses conjointes nouvelles permettant le mélange de données issues de différents capteurs embarqués sur différents satellites ou plates-formes *in situ*. À partir des travaux de recherche et du développement de modélisations d'ensemble rapides, nous souhaitons parvenir à mieux caractériser la variabilité et les échanges latéraux et verticaux, cruciaux pour mieux anticiper les distributions spatiales des flux de chaleur, salinité et autres propriétés biogéochimiques, pour mieux anticiper par exemple la dispersion transocéanique d'espèces et la biogéographie marine ou encore mieux prendre en compte les propriétés de l'intérieur de l'océan dans la prédiction de l'intensification des cyclones tropicaux.

MODÉLISER LES RÉSEAUX TROPHIQUES POUR MIEUX PROJETER LEUR ÉVOLUTION

Un réseau trophique est l'ensemble des relations alimentaires dans un écosystème. Un modèle de réseau trophique décrit et calcule les transferts d'énergie entre les organismes marins, du plancton aux poissons, baleines et oiseaux. Dans le domaine marin, les espèces sont tour à tour prédateur et proie. Les poissons filtreurs, comme la sardine, mangent les œufs de leurs prédateurs tels le bar et le merlu. Il s'agit donc d'un réseau et non d'une chaîne alimentaire.

L'utilisation de différentes approches de modélisation permet d'obtenir une connaissance fiable du fonctionnement des réseaux trophiques, ce qui est primordial par exemple pour prédire les évolutions des écosystèmes marins sous différentes pressions environnementales et anthropiques.

La productivité des écosystèmes marins et les services qu'ils fournissent à l'humanité dépendent d'interactions complexes entre proies et prédateurs. Pour mieux comprendre et prédire les évolutions des écosystèmes sous l'influence de différentes pressions telles que le changement climatique et plus largement les activités anthropiques, plusieurs approches de modélisation des réseaux trophiques à différentes échelles spatiales ont été mises en œuvre au sein de l'unité de recherche Écologie et modèles pour l'halieutique (EMH), en collaboration avec des équipes internationales.

En utilisant des données du monde entier sur la présence d'espèces et leurs caractéristiques biologiques — croissance, besoins physiologiques, comportement... —, des réseaux trophiques marins ont pu être modélisés. Les analyses montrent que les indicateurs qui caractérisent ces réseaux sont liés à la température de surface de la mer. On constate par ailleurs que, comparées à celles du large, les communautés côtières sont plus résistantes aux perturbations car plus robustes à l'extinction d'espèces.

À une échelle plus régionale, un modèle appliqué au golfe de Gascogne, zone importante pour les pêcheries françaises, a révélé les liens existants entre des groupes d'espèces, proies et prédateurs, et les activités humaines comme la pêche. Si la pêche réduit, par exemple, l'abondance des poissons prédateurs, leurs espèces proies deviennent plus abondantes. L'analyse intégrée de ce modèle souligne une augmentation de la biomasse des grands groupes trophiques, ce qui témoigne d'une amélioration récente de l'état de l'écosystème du golfe de Gascogne.

Les résultats des premiers scénarios de projection permettent de quantifier la propagation attendue des effets de mesures de gestion de la pêche dans ce réseau trophique. Enfin, un troisième modèle trophique appliqué à la Manche a permis de comprendre les processus prédominants au sein de cet écosystème peu profond où les poissons se nourrissent à la fois dans la colonne d'eau et sur le fond.

Albouy Camille, Archambault Philippe, Appeltans Ward, Araujo Miguel B., Beauchesne David, Cazelles Kevin, Cirtwill Alyssa R., Fortin Marie-Josée, Galiana Nuria, Leroux Shawn J., Pellissier Loïk, Poisot Timothee, Stouffer Daniel B., Wood Spencer A., Gravel Dominique (2019). **The marine fish food web is globally connected.** *Nature Ecology & Evolution*, 3 (8), 1153-1161. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0950-y>

Hosack Geoffrey R., Trenkel Verena (2019). **Functional group based marine ecosystem assessment for the Bay of Biscay via elasticity analysis.** *PeerJ*, 7, e7422 (36p.). Publisher's official version: <https://doi.org/10.7717/peerj.7422>

Travers-Trolet Morgane, Coppin Franck, Cresson Pierre, Cugier Philippe, Oliveros-Ramos Ricardo, Verley Philippe (2019). **Emergence of negative trophic level-size relationships from a size-based, individual-based multispecies fish model.** *Ecological Modelling*, 410, 108800 (14p.). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108800>

RENDRE ACCESSIBLE L'INFORMATION SUR LE MILIEU MARIN ET SES USAGES

ACCÉDER AUX INFORMATIONS PUBLIQUES SUR LE MILIEU MARIN

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a confié à l'Agence française pour la biodiversité (AFB)¹ la responsabilité de créer le système d'information public sur le milieu marin (SIMM), sous l'autorité du ministère de la Transition écologique et solidaire. Améliorer le partage, la cohérence et la mise à disposition des données publiques sur le milieu marin en France, tel est l'objectif recherché. Le portail web milieumarin-france.fr est un instrument essentiel pour répondre à ces objectifs. Son ouverture correspond également à l'une des mesures adoptées en décembre 2018 par le Comité interministériel de la mer.

Réalisé techniquement par l'Ifremer sous le pilotage de l'AFB, la première version du portail milieumarin-france.fr propose : un référencement de l'ensemble des sites et portails web, régionaux ou nationaux qui diffusent des données sur le milieu marin en France ; une soixantaine de fiches thématiques décrivant l'état écologique du milieu. Des rubriques permettent d'accéder à des données concernant les activités et les usages en mer, les actions de protection et de restauration, le cadre réglementaire, enfin aux référentiels de données spécifiques au milieu marin c'est-à-dire un ensemble de règles et de données communes pour faciliter leur échange et leur réutilisation. Le portail milieumarinfrance.fr offrira des fonctionnalités supplémentaires à l'horizon 2020, notamment des services de recherche, de consultation et de téléchargement des données.

(1) Depuis le 1^{er} janvier 2020, l'AFB et l'Office national de la chasse et de la faune sauvage (ONCFS) forment l'Office français de la biodiversité (OFB).

MÉDIATION SCIENTIFIQUE : FAIRE SCIENCE EN SOCIÉTÉ

**INTERVIEW DE JADE BURDALLET -
CHARGÉE DE MÉDIATION SCIENTIFIQUE
À LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION
PÔLE MÉDIATION ET ÉVÉNEMENTIEL**



© Ifremer

QU'EST-CE QUE LA MÉDIATION SCIENTIFIQUE ?

Au-delà d'une transmission de contenu, la médiation scientifique est aussi un partage des ambitions de la recherche et des moyens qui sont en œuvre. Nous avons à cœur d'ouvrir les citoyens aux questionnements, d'aiguiser leur esprit critique. En cela elle porte une ambition d'émancipation des citoyens. En tant que chargée de médiation scientifique, j'accompagne les acteurs de la recherche à se former à la prise de parole, à la rencontre avec les publics. On a changé de paradigme vis-à-vis de l'accès à la connaissance.

Traditionnellement, la médiation, c'était faire aimer la science, permettre à chacun d'y accéder. Aujourd'hui nous sommes confrontés à une défiance vis-à-vis des données scientifiques et de leur production. La question que l'on se pose est la suivante : comment rétablir un climat de confiance avec la société, quelles démarches adopter pour améliorer les relations entre scientifiques et citoyens ?

AU VU DE CES NOUVEAUX ENJEUX, COMMENT INNOVEZ-VOUS DANS VOS APPROCHES ?

Nous explorons de plus en plus la méthode « art et science ». Les artistes peuvent nous accompagner et proposer des formats qui éveillent l'imaginaire, le rêve, le questionnement. En 2019, nous avons participé à la naissance d'un dispositif pédagogique art et science avec l'artiste Nicolas Floc'h, plasticien photographe et enseignant à l'École européenne supérieure d'art de Bretagne de Rennes. Depuis une dizaine d'années, son travail centré sur la représentation des habitats et du milieu sous-marin donne lieu à une production photographique documentaire liée aux changements globaux et à la définition de la notion de paysage sous-marin. Nous avons déposé un projet au Fonds européen de développement régional (FEDER) pour développer un parcours pédagogique destiné aux primaires : *Initium Maris Civis*. Nous avons également travaillé avec des étudiants du Centre de recherches interdisciplinaires (CRI) de Paris. Nous cherchons à nous rapprocher des méthodes collaboratives afin de permettre au public d'être acteur de son apprentissage en s'engageant par et pour la recherche.

QUELLE STRATÉGIE ADOPTEZ-VOUS POUR TOUCHER LES GÉNÉRATIONS FUTURES ?

Nous proposons des formations aux enseignants francophones à l'échelle nationale voire internationale. Quand ils viennent ici à Brest, ils sont en immersion dans les laboratoires. Nous les accompagnons à traduire les connaissances acquises en contenus pédagogiques, afin qu'ils puissent élaborer des projets pluridisciplinaires à l'année autour des enjeux actuels environnementaux et de société. En sensibilisant les enseignants, nous souhaitons inspirer les générations futures afin qu'elles soient composées de citoyens éclairés responsables et mieux préparés pour relever les défis de demain. D'autre part, lorsque les chercheurs déposent un projet, ils ont la possibilité de compléter un volet médiation (« *Outreach* »). C'est une très belle opportunité pour les scientifiques de rencontrer les citoyens autour de leurs projets de recherche. Ainsi ils peuvent être acteurs de la sensibilisation des jeunes générations.

UNE HISTOIRE MARQUANTE EN 2019 ?

Après quatre années de collaboration entre la compagnie Teatr Piba et les scientifiques Pierre-Marie Sarradin et Jozée Sarrazin du laboratoire Environnement profond (LEP),

après toutes ces résidences, ces temps d'échanges, nous étions heureux de découvrir le résultat tant attendu, le spectacle de théâtre sonore Donvor. J'ai été émerveillée de voir ce que peut apporter autant de poésie.

Cette aventure humaine originale illustre parfaitement la démarche de médiation. Ces deux entités se sont laissées surprendre, ont accueilli tout ce qu'elles pouvaient observer et découvrir. Elles ont réussi à accorder leurs propres langages pour créer ensemble.



LES SCIENTIFIQUES PIERRE-MARIE SARRADIN ET JOZÉE SARRAZIN
ET LES ARTISTES DE LA COMPAGNIE TEATR PIBA UNIS AU SEIN DU PROJET DONVOR
SUR LE PONT DU *POURQUOI PAS ?* © Teatr Piba

ACCOMPAGNER ET SOUTENIR LA RECHERCHE

RESSOURCES HUMAINES ET DIALOGUE SOCIAL

L'activité en matière de recrutement et le dialogue social se sont concrétisés par un plan de recrutement ambitieux et la signature de près d'une dizaine d'accords.

L'Ifremer comptait 1491 salariés au 31 décembre 2019. En 2019, la mobilisation de l'ensemble des acteurs a rendu possible l'organisation de commissions de recrutement qui ont conduit à la réalisation de plus de 80 recrutements externes mais aussi offert de nombreuses possibilités d'évolution interne aux salariés de l'Ifremer.

L'Institut a, par ailleurs, intensifié sa politique d'accueil en matière d'alternance en recrutant près de 50 nouveaux collaborateurs en contrat d'apprentissage ou de professionnalisation.

Enfin, la formation est restée un axe fort de la politique de ressources humaines. L'Ifremer a ainsi consacré 2,92 % de sa masse salariale à la formation. Près de 20 000 heures de formation ont été dispensées dans le cadre du plan de développement des compétences permettant à plus de la moitié des salariés de suivre une formation en 2019.

C'est ainsi notamment qu'une centaine d'encadrants de doctorants a suivi en 2019 une formation portant sur l'intégrité scientifique. L'autre moitié des scientifiques concernés est appelée à suivre cette formation en 2020.

Dans le domaine des relations sociales, cinq accords ont été conclus dans la perspective de la mise en place en 2020 des nouveaux comités sociaux et économiques (CSE) résultant de l'ordonnance du 22 septembre 2017. Ainsi a été signé l'accord du 22 juillet 2019 qui définit notamment le cadre de la mise en place et la composition des CSE d'établissement et du CSE central de l'unité économique et sociale (UES) Ifremer-Genavir, le nombre et les modalités de fonctionnement des commissions de ces instances, la mise en place de représentants de proximité et de délégués de bord, la carrière des représentants du personnel ainsi que les modalités d'information et de consultation de ces instances. Cette signature a été suivie par celle du protocole d'accord préélectoral. Dans le prolongement, les élections professionnelles au sein de l'UES ont eu lieu en fin d'année.

À travers la constitution d'un groupe de travail, les partenaires sociaux ont été associés aux réflexions et aux travaux liés au renouvellement du marché relatif à la protection sociale qui prenait fin en

décembre 2019 et pour lequel un appel d'offres avait été lancé en début d'année afin de retenir le nouveau prestataire. En septembre 2019, ont été signés les avenants aux deux accords d'entreprise instituant un régime collectif et obligatoire pour l'un en matière de prévoyance et pour l'autre en matière de couverture complémentaire en frais de santé. Ils répondent au double objectif de rechercher leur meilleur équilibre possible tout en maintenant sensiblement le même niveau de garanties pour les salariés.

DONNÉES BUDGÉTAIRES ET FINANCIÈRES

Les principales données comptables et financières significatives pour l'exercice 2019 sont les suivantes :

Résultat comptable	26 224 009 €
Fonds de roulement	63 913 543 €
Trésorerie	68 165 763 €
Capacité d'autofinancement	29 655 413 €

LES RESSOURCES

L'ensemble des produits de l'institut s'est élevé à 241,02 millions d'euros sur l'exercice 2019 soit une hausse de près de 6 millions d'euros par rapport à 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 208,09 millions d'euros, en augmentation par rapport à 2018 de près de 4 millions d'euros, en raison, notamment de l'impact du financement affecté à la TGIR Flotte ainsi que du financement affecté à l'opération MAYOBS,
- Les produits directs d'activité se sont élevés à 16,46 millions d'euros, contre 15,19 millions d'euros en 2018,
- L'institut a par ailleurs comptabilisé 16,19 millions d'euros de subventions d'investissement destinées à participer au financement des projets de l'Ifremer. Cela concerne en particulier les opérations immobilières et les projets d'investissement (équipements) financés dans le cadre des différents CPER avec le soutien des fonds structurels européens (FEDER).

LES DÉPENSES

L'ensemble des charges de l'institut s'est élevé à 214,71 millions d'euros sur l'exercice 2019 :

- Les charges liées directement à l'activité se sont élevées à 86,9 millions d'euros,
- Les charges de personnel s'établissent à 96,9 millions d'euros. Les effectifs s'établissent à 1 529 ETPT,
- Les autres charges liées au fonctionnement de l'institut (fonctionnement, intervention et financières) se sont élevées à 11,23 millions d'euros,
- Les dotations aux amortissements s'élèvent à 19,6 millions d'euros,
- Les dépenses d'investissement se sont par ailleurs élevées à 24,94 millions d'euros.

LA SITUATION PATRIMONIALE

Le total du bilan s'établit à 358,04 millions d'euros à fin 2019. Les éléments principaux à retenir sont :

- Une trésorerie s'établissant à 68,16 millions d'euros
- 52,1 millions d'euros de créances clients (41 millions d'euros détenus sur des entités publiques) et 11,8 millions d'euros de dettes fournisseurs (en très nette baisse par rapport à 2018)
- Un actif immobilisé net valorisé à 237,44 millions d'euros, en hausse de 9 millions d'euros

LES AUTORISATIONS BUDGÉTAIRES

- Les autorisations d'engagement (AE) se sont établies en 2019 à 227,15 millions d'euros, soit une réalisation globale de 96 % de la prévision.
- Les crédits de paiement (CP) ont été utilisés à hauteur de 226,65 millions d'euros, soit 94 % de la prévision.
- Les recettes encaissées se sont élevées à 247,49 millions d'euros, soit plus de 4 % de plus que la prévision (en grande partie du fait du versement des fonds attendus dans le cadre des actions de collecte de données financées par le fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP). Le solde budgétaire est donc en excédent de 20,84 millions d'euros pour 2019.

La répartition budgétaire par grands domaines de l'institut se répartit comme suit :

- 52 % au titre de la Science
- 29 % au titre de la Flotte
- 19 % au titre des activités support (dont le plan de délocalisation du siège de l'institut)

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 ou qui sont en passe de l'être et des réserves financières suffisantes pour assurer la poursuite des projets scientifiques en cours et pour en assurer le lancement de nouveaux.

RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE DE L'INSTITUT

LA RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE DES ENTREPRISES (RSE) : UNE VOLONTÉ, UNE PRIORITÉ, UN ENGAGEMENT

INTERVIEW DE JEAN-MARC SINQUIN DE L'IFREMER, RESPONSABLE RSE



© Ifremer - S.Lesbats

D'OÙ TIRE SON ORIGINE LA RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE DES ENTREPRISES (RSE) ?

Cela fait plus de trente ans que l'on parle de développement durable. En 1987, la Première ministre de la Norvège et présidente de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations unies, Gro Harlem Brundtland, remet un rapport *Notre avenir à tous*. Elle y définit la notion de développement durable comme : « Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs ».

L'idée est bien de trouver un moyen d'allier et d'harmoniser le développement économique avec les préoccupations écologique et sociale. Depuis quelques années, et particulièrement depuis le lancement de la norme ISO 26000, nous entendons parler en France de RSE, à savoir la responsabilité sociétale des entreprises. Il s'agit de l'application d'une politique de développement durable à l'entreprise. L'Ifremer est au cœur de diverses démarches environnementales et sociétales au service des océans. La RSE fait donc partie intrinsèquement des valeurs de l'institut. C'est pourquoi en 2019, j'ai été nommé auprès de la direction générale pour animer et porter la mission de développement durable et de responsabilité sociétale de l'entreprise (DDRSE) qui a pour ambition de décliner des actions dans la lignée du projet de l'institut *Horizon 2030*.

COMMENT S'ARTICULE LA POLITIQUE RSE AU SEIN DE L'IFREMER ?

La RSE est un mode de gouvernance fondé sur trois piliers : l'économie, le social ou sociétal et l'environnemental. La RSE à l'Ifremer, c'est la notion de durabilité de nos missions, de nos actions. Cela va du bien-être des salariés, de notre propre politique environnementale, jusqu'à nos relations avec l'ensemble de nos parties prenantes internes et externes — fournisseurs, partenaires, institutions de tutelles. De plus, de par nos recherches scientifiques mais également de par notre capacité à aider les décideurs à gérer les ressources marines, par l'appui aux politiques publiques, l'Ifremer a pour objectif d'être un acteur proactif de la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030).

Conscient de ses ambitions et de ses actions, l'Ifremer se doit d'être un organisme en cohérence avec les attentes sociétales qui s'expriment au travers de l'Agenda 2030 de l'ONU et avec les 17 objectifs

de développement durable (ODD). Il doit y avoir une résonance entre les attentes citoyennes, celles de nos salariés, et notre responsabilité en tant qu'institut de recherche pour la connaissance des océans.

La démarche est d'ailleurs inscrite au sein du contrat d'objectifs et de performance. Il s'agit de l'action 42, « Mettre en place une politique de développement durable et de responsabilité sociale de l'entreprise ». Une partie d'un séminaire du comité de direction à la rentrée 2019 y a été consacrée. Pourquoi la RSE à l'Ifremer ? Quel mode de gouvernance doit-on trouver à travers la RSE ? Ce séminaire, qui a été riche en réflexions, démontre l'intérêt et la volonté de l'institut de faire de la RSE une priorité.

QUELLES ACTIONS CONCRÈTES ONT PU, D'ORES ET DÉJÀ, ÊTRE CONDUITES ?

La RSE se décline par des actions très concrètes. Pour exemple, le guide des missions — déplacements professionnels — a été modifié. Ceci dans l'idée de favoriser le transport ferroviaire par des mesures incitatives comme la possibilité de voyager en première classe. En effet, lors de la réalisation de notre bilan de gaz à effet de serre (GES) en 2017, nous nous sommes rendus compte que nous réalisons 9 millions de kilomètres aériens pour près de 435 000 kilomètres en TGV. Le bilan GES a donc fait partie d'une de mes premières actions nationales en matière de mesures environnementales. C'est un exercice réglementaire que doivent réaliser les organisations, publiques ou privées.

Au regard de cette analyse, le plan de déplacement d'entreprise (PDE), qui s'attache à décrire les modalités par lesquelles les salariés vont et viennent entre leur domicile et leur lieu de travail, a été effectué pour La Seyne-sur-Mer. Il est en cours d'élaboration pour Plouzané et nous devrions préparer celui de Nantes prochainement. Au-delà du plan de déplacement, nous avons mis en place le tri sélectif sur le centre de Plouzané. De plus, et pour aller encore plus loin, des clauses RSE sont appliquées sur 30 % des marchés lancés par l'Ifremer.

Il est important de noter que toutes ces actions se font de manière concertée. J'aimerais également signaler que l'Ifremer est membre du Club développement durable des établissements et entreprises publics (CDDEP) qui réunit quatre-vingts établissements publics. Enfin, je suis secrétaire d'un groupe de travail qui s'appelle « Sobriété numérique ».

SYSTÈME DE MANAGEMENT DE LA QUALITÉ : ADAPTATION, DÉVELOPPEMENT ET APPROPRIATION

La démarche qualité s'adapte aux évolutions stratégiques, organisationnelles ou réglementaires que connaît l'institut. Le Contrat d'objectifs et de performance 2019-2023 a conduit à une première adaptation de cette démarche avec le renforcement de l'alignement des objectifs et l'utilisation d'indicateurs communs. La déclaration de politique qualité renouvelée a permis de définir nos engagements qui sont : d'assurer la fiabilité et la traçabilité de nos activités ; de promouvoir une plus grande rigueur dans la gestion des projets sur la base de méthodes intégrées et partagées ; de renforcer l'harmonisation et le partage des pratiques.

Le développement d'une gestion électronique des documents de référence et la création d'un système qualité unique dédiés aux laboratoires accrédités sont deux projets importants qui se sont poursuivis. En 2019, le Comité français d'accréditation (Cofrac) a reconnu la conformité de l'adaptation du système qualité des laboratoires accrédités aux nouvelles exigences de la version 2017 de la norme ISO 17025, « exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais ».

Des outils de communication actualisés ont permis de mieux diffuser la démarche qualité auprès des collaborateurs en allant au plus proche des activités des sites inclus dans la certification ISO 9001.

À l'issue d'un audit mobilisant les équipes de cinq sites métropolitains, le certificat de conformité au référentiel ISO 9001 a été maintenu. Les auditeurs ont notamment identifié 33 points forts parmi lesquels il convient de relever l'ouverture des réunions des processus qualité à des interlocuteurs externes, le déploiement d'un logiciel pour la gestion et la maîtrise des équipements de mesure et l'amélioration de la gestion des risques par processus.





ANNEXES

BILAN À LA CLÔTURE AVANT AFFECTATION DU RÉSULTAT

BILAN - ACTIF	2019 BRUT	AMORTISSEMENTS ET DÉPRÉCIATIONS	NET	2018 NET	ÉVOLUTION
ACTIF IMMOBILISÉ					
IMMOBILISATIONS INCORPORELLES					
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	48 195 602,25	35 323 438,25	12 872 164,00	5 141 320,00	150,4 %
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	1 100,00	0,00	1 100,00	6 104 762,45	-100 %
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations incorporelles	4 157 518,22	0,00	4 157 518,22	6 408 210,67	-35,1 %
TOTAL - IMMOBILISATIONS INCORPORELLES	52 576 012,79	35 545 230,57	17 030 782,22	17 654 293,12	-3,5 %
IMMOBILISATIONS CORPORELLES					
Terrains, agencements et aménagements de terrains	8 455 941,54	1 751 887,48	6 704 054,06	6 762 783,06	-0,9 %
Constructions	122 379 681,63	81 413 118,63	40 966 563,00	42 502 812,00	-3,6 %
Installations techniques, matériels, et outillage	370 220 449,04	279 392 295,04	90 828 154,00	78 043 680,00	16,4 %
Collections	872 856,49	0,00	872 856,49	872 856,49	0 %
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Autres immobilisations corporelles	32 059 543,64	30 100 317,64	1 959 226,00	1 341 290,00	46,1 %
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Immobilisations corporelles en cours	8 417 473,72	0,00	8 417 473,72	8 541 478,31	-1,5 %
Avances et acomptes versés sur commandes d'immobilisations corporelles	59 582 319,79	0,00	59 582 319,79	65 414 297,80	-8,9 %
Immobilisations corporelles (biens vivants)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
TOTAL - IMMOBILISATIONS CORPORELLES	601 988 265,85	392 657 618,79	209 330 647,06	203 479 197,66	2,9 %
IMMOBILISATIONS FINANCIÈRES					
Titres de participation	2 861 941,68	85 981,68	2 775 960,00	775 960,00	257,7 %
Autres formes de participation (Quae)	125 000,00	7 119,88	117 880,12	120 529,62	-2,2 %
Créances rattachées à des participations	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Titres immobilisés	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Prêts	7 548 206,75	0,00	7 548 206,75	5 783 610,65	30,5 %
Dépôts et cautionnements versés	640 399,76	0,00	640 399,76	640 399,76	0 %
TOTAL IMMOBILISATIONS FINANCIÈRES	11 175 548,19	93 101,56	11 082 446,63	7 320 500,03	51,4 %
TOTAL ACTIF IMMOBILISÉ	665 739 826,83	428 295 950,92	237 443 875,91	228 453 990,81	3,9 %
ACTIF CIRCULANT					
		0,00			
TOTAL STOCK ET EN-COURS	0,00	0,00	0,00	0,00	-
TOTAL AVANCES ET ACOMPTES VERSÉS SUR COMMANDE	4 550 896,36	0,00	4 550 896,36	4 231 535,86	7,5 %
CRÉANCES					
Créances clients et comptes rattachés	7 178 521,35	1 025 445,51	6 153 075,84	4 528 138,91	35,9 %
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques) des organismes internationaux et la Commission européenne	41 008 378,22	0,00	41 008 378,22	52 025 212,93	-21,2 %
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Créances correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Créances sur les autres débiteurs	448 026,54	0,00	448 026,54	383 561,96	16,8 %
TOTAL CRÉANCES	48 634 926,11	1 025 445,51	47 609 480,60	56 936 913,80	-16,4 %
DISPONIBILITÉS					
Actions (Titres cotés)	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Autres titres	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Banque	68 395 654,35	0,00	68 395 654,35	66 076 732,78	3,5 %
<i>dont banques privées</i>	133 082,39	0,00	133 082,39	135 613,00	-1,9 %
<i>dont Direction Générale des Finances Publiques</i>	68 257 737,07	0,00	68 257 737,07	65 941 119,78	3,5 %
Caisse	67,16	0,00	67,16	19,56	243,4 %
Régies d'avance	40 700,00	0,00	40 700,00	40 700,00	0 %
Régies de recette	0,00	0,00	0,00	0,00	-
TOTAL DISPONIBILITÉS	68 436 421,51	0,00	68 436 421,51	66 117 452,34	3,5 %
RÉGULARISATIONS					
		0,00			
Charges constatées d'avance	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Écarts de conversion Actif	0,00	0,00	0,00	-428,90	-
TOTAL RÉGULARISATIONS	0,00	0,00	0,00	-428,90	-
TOTAL ACTIF CIRCULANT	121 622 243,98	1 025 445,51	120 596 798,47	127 285 473,10	-5,3 %
TOTAL ACTIF	787 362 070,81	429 321 396,43	358 040 674,38	355 739 463,91	0,6 %

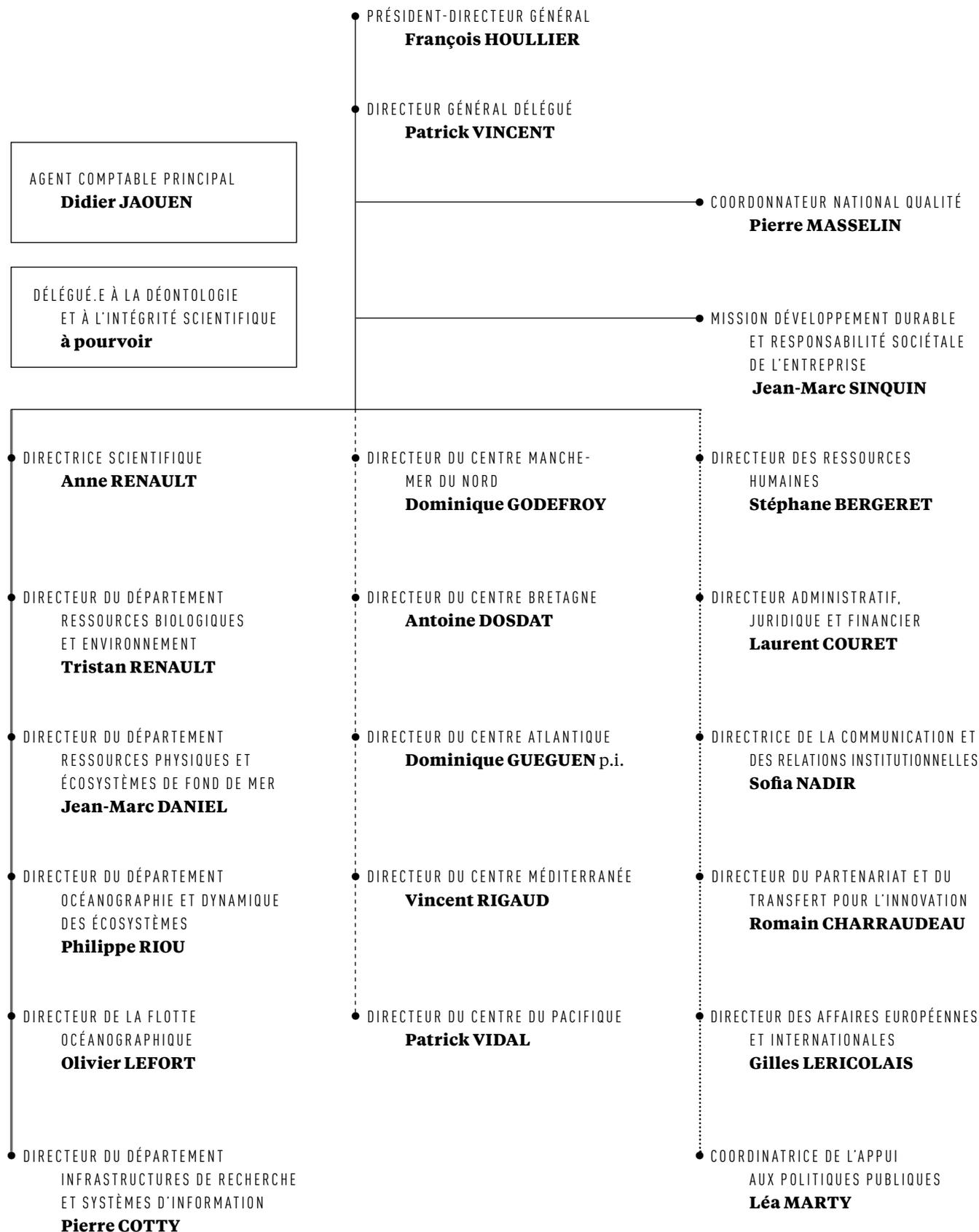
BILAN - PASSIF	2019	2018	ÉVOLUTION
FONDS PROPRES			
CAPITAL			
FINANCEMENTS RECUS			
Financements de l'État non rattachés à des actifs	0,00	0,00	-
Financements de l'État rattachés à des actifs	120 151 978,77	124 714 671,20	-3,7 %
Financements de l'actif par des tiers autres que l'État	36 969 676,10	30 915 921,75	19,6 %
<i>dont reprise au résultat des financements</i>	395 915 940,63	383 522 782,54	3,2 %
TOTAL - FINANCEMENTS REÇUS	157 121 654,87	155 630 592,95	1 %
TOTAL - ÉCARTS DE RÉÉVALUATION	15 584 922,98	16 299 666,98	-4,4 %
RÉSERVES			
Réserve légale	0,00	0,00	-
Réserves réglementées	0,00	0,00	-
Autres réserves	36 225 405,75	35 510 661,75	2 %
<i>dont réserves facultatives</i>	36 225 405,75	35 510 661,75	2 %
TOTAL - RÉSERVES	36 225 405,75	35 510 661,75	2 %
REPORT À NOUVEAU	22 919 179,90	30 096 353,68	-23,8 %
RÉSULTAT DE L'EXERCICE (BÉNÉFICE OU PERTE)	26 224 009,62	17 765 173,22	47,6 %
PROVISIONS RÉGLEMENTÉES			
TOTAL FONDS PROPRES	258 075 173,12	255 302 448,58	1,1 %
PROVISIONS			
	0,00	0,00	
Provisions pour risques	4 564 035,28	3 999 742,91	14,1 %
Provisions pour charges	38 714 762,58	16 299 930,48	137,5 %
<i>dont provisions pour pensions et obligations similaires</i>	34 225 750,19	12 814 948,26	167,1 %
<i>dont provisions pour allocation perte d'emploi et indemnités de licenciement</i>	3 663 491,06	2 610 276,33	40,3 %
<i>dont autres provisions pour charges - autres</i>	825 521,33	874 705,89	-5,6 %
TOTAL PROVISIONS	43 278 797,86	20 299 673,39	113,2 %
DETTES			
DETTES FINANCIÈRES			
Emprunts et dettes assimilées	0,00	0,00	-
<i>dont dépôts et cautionnement reçus - dépôts</i>	0,00	0,00	-
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 %
TOTAL DETTES FINANCIÈRES	3 448,41	3 448,41	0 %
DETTES NON FINANCIÈRES			
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	11 893 348,26	20 111 863,61	-40,9 %
Dettes fiscales et sociales	19 571 933,42	24 636 481,24	-20,6 %
<i>dont dettes personnel et comptes rattachés</i>	11 029 729,09	10 837 224,72	1,8 %
<i>dont Sécurité sociale et organismes sociaux</i>	7 348 279,54	11 720 456,23	-37,3 %
Avances et acomptes reçus	22 149 167,98	26 359 318,77	-16 %
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	227 578,24	-
Autres dettes non financières	2 526 068,98	8 614 332,64	-70,7 %
TOTAL DETTES NON FINANCIÈRES	56 140 518,64	79 949 574,50	-29,8 %
TRÉSORERIE			
Éléments de trésorerie passive	270 658,15	9,95	2720082,4 %
TOTAL TRÉSORERIE	270 658,15	9,95	2720082,4 %
RÉGULARISATIONS			
Produits constatés d'avance	272 078,20	184 309,08	47,6 %
Comptes de régularisations	0,00	0,00	-
TOTAL RÉGULARISATIONS	272 078,20	184 309,08	47,6 %
TOTAL DETTES	56 686 703,40	80 137 341,94	-29,3 %
TOTAL ÉCARTS DE CONVERSION PASSIF	0,00	0,00	-
TOTAL PASSIF	358 040 674,38	355 739 463,91	0,6 %

RÉSULTATS

RÉSULTAT (€) - PARTIE 1	2019	2018	ÉVOLUTION
CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION			
CHARGES DE FONCTIONNEMENT			
Achats			-
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	86 935 498,07	88 063 411,36	-1,3 %
Charges de personnel	96 954 841,17	98 446 226,97	-1,5 %
Salaires, traitements et rémunérations diverses	66 681 368,42	66 385 328,40	0,4 %
Charges sociales	25 138 279,42	26 938 946,79	-6,7 %
Intéressement et participation	0,00	0,00	-
Autres charges de personnel	5 135 193,33	5 121 951,78	0,3 %
Autres charges de fonctionnement	11 158 230,35	11 173 069,70	-0,1 %
Dotations aux amortissements, dépréciations, provisions et valeurs nettes comptables des actifs cédés	19 612 381,17	19 804 143,11	-1 %
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT	214 660 950,76	217 486 851,14	-1,3 %
CHARGES D'INTERVENTION	0,00	0,00	-
Dispositif d'intervention pour compte propre	55 453,08	41 077,87	35 %
Transfert aux ménages	0,00	0,00	-
Transferts aux entreprises	0,00	0,00	-
Transferts aux collectivités territoriales	0,00	0,00	-
Transferts aux autres collectivités	55 453,08	41 077,87	35 %
Charges résultant de la mise en jeu de la garantie de l'organisme	0,00	0,00	-
Dotations aux provisions et dépréciations	0,00	0,00	-
TOTAL CHARGES D'INTERVENTION	55 453,08	41 077,87	35 %
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION	214 716 403,84	217 527 929,01	-1,3 %
PRODUITS DE FONCTIONNEMENT			
Produits sans contrepartie directe (ou subventions et produits assimilés)	208 099 063,96	204 712 348,36	1,7 %
Subventions pour charges de service public	168 051 185,00	172 137 404,33	-2,4 %
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	40 043 878,96	32 509 944,03	23,2 %
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	4 000,00	65 000,00	-93,8 %
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00	-
Produits avec contrepartie directe (ou produits directs d'activité)	16 466 315,97	15 192 034,81	8,4 %
Ventes de biens ou prestations de services	15 143 993,54	13 472 931,80	12,4 %
Produits de cessions d'éléments d'actif	19 262,24	5 500,01	250,2 %
Autres produits de gestion	1 303 060,19	1 713 603,00	-24 %
Production stockée et immobilisée	0,00	0,00	-
Autres produits	16 310 925,47	15 156 848,66	7,6 %
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	3 625 867,37	2 724 773,39	33,1 %
Reprises du financement rattaché à un actif	12 685 058,10	12 432 075,27	2 %
TOTAL PRODUITS DE FONCTIONNEMENT	240 876 305,40	235 061 231,83	2,5 %

RÉSULTAT (€) - PARTIE 2	2019	2018	ÉVOLUTION
CHARGES FINANCIÈRES			
Charges d'intérêt	1 440,33	24 393,88	-94,1 %
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	-
Pertes de change	18 146,69	22 428,39	-19,1 %
Autres charges financières	0,00	0,00	-
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	2 649,50	21 409,66	-87,6 %
TOTAL CHARGES FINANCIÈRES	22 236,52	68 231,93	-67,4 %
PRODUITS FINANCIERS			
Produits des participations et des prêts	122 141,96	281 189,24	-56,6 %
Produits nets sur cessions des immobilisations financières	0,00	0,00	-
Intérêts sur créances non immobilisées	0,00	0,00	-
Produits des valeurs mobilières de placement et de la trésorerie	8 972,02	0,00	-
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	-
Gains de change	14 671,60	20 929,89	-29,9 %
Autres produits financiers	0	0	-
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	0,00	3 857,20	-
TOTAL PRODUITS FINANCIERS	145 785,58	305 976,33	-52,4 %
Impôts sur les sociétés	59 441,00	5 874,00	911,9 %
RÉSULTAT BRUT	26 224 009,62	17 765 173,22	47,6 %
TOTAL - PRODUITS	241 022 090,98	235 367 208,16	2,4 %
TOTAL - CHARGES	214 738 640,36	217 596 160,94	-1,3 %
BÉNÉFICE (+) OU PERTE (-)	26 224 009,62	17 765 173,22	47,6 %

ORGANIGRAMME DE L'IFREMER AU 31 DÉCEMBRE 2019



CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 31 DÉCEMBRE 2019

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 BERGÉOT

Suppléante : **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
Bertrand DRESCHER**

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE ET DES FINANCES

Colin THOMAS

Suppléante : **Isabelle THIRION**

MINISTÈRE DE L'EUROPE
ET DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

Dominique WAAG

Suppléante : **Edwige CAVAN**

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
Écologie 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

Vincent MOTYKA

CONTRÔLE GÉNÉRAL ÉCONOMIQUE ET FINANCIER

Philippe DEBET

AGENT COMPTABLE PRINCIPAL DE L'IFREMER

Didier JAOUEN

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA MER

Denis ROBIN

Suppléant : **Patrick AUGIER**

CONSEIL SCIENTIFIQUE AU 31 DÉCEMBRE 2019

MEMBRES NOMMÉS PAR ARRÊTÉ

Denis ALLEMAND
Anne BEAUVAL
Gérard BLANCHARD
Chris BOWLER
Pascale BRACONNOT
Annie CUDENNEC
Jean-François GHIGLIONE
Anne-Marie GUE
Gonéri LE COZANNET
Patrick LANDAIS
Edwige QUILLET
Hervé ROQUET
Frédérique VIARD

INVITÉS PERMANENTS

Nicolas ARNAUD
Didier GASCUEL
François LALLIER
Frédéric MENARD
Sylvie REBUFFAT

SECRETARIAT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Anne RENAULT, direction scientifique
Denis LACROIX, secrétaire de séance

MEMBRES REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL DE L'IFREMER

Jean-François PEPIN
 suppléante : **Marie-Anne Cambon BONAVITA**
Caroline MONTAGNANI
 suppléant : **Christophe DESBOIS**
Julien NORMAND
 suppléant : **Ricardo DA SILVA JACINTO**

RÉPARTITION DU PERSONNEL PAR IMPLANTATION GÉOGRAPHIQUE

	CADRES		TOTAL CADRES	TECHNICIENS ET ADMINISTRATIF		TOTAL TECHNICIENS & ADMINISTRATIFS	TOTAL GÉNÉRAL
	Féminin	Masculin		Féminin	Masculin		
Atlantique	92	78	170	77	43	120	290
Bretagne	246	333	579	145	122	267	846
Issy-les-Moulineaux	3	4	7		2	2	9
Manche/Mer Du Nord	13	28	41	26	15	41	82
Méditerranée	45	78	123	49	32	81	204
Nouvelle-Calédonie	3	10	13	7	6	13	26
Polynésie Française	2	9	11	8	15	23	34
Total général	404	540	944	312	235	547	1491

COMITÉ D'ÉTHIQUE INRAE-CIRAD-IFREMER-IRD

Axel KAHN Président du Comité d'éthique
Michel BADRÉ Vice-président du Comité d'éthique
Madeleine AKRICH
Bernadette BENSAUDE-VINCENT
Jean-Louis BRESSON
Céline BOUDET
Mireille DOSSO
Françoise GAILL
Stéphanie LACOUR
Lyne LÉTOURNEA
Marie-Geneviève PINSART
Pere PUIGDOMENECH
Michel SAUQUET
Hervé THÉRY

SECRETARIAT COMMUN DU COMITÉ D'ÉTHIQUE INRAE-CIRAD-IFREMER-IRD

Le secrétariat du comité est assuré conjointement par les 4 organismes, le support administratif étant assuré par l'INRAE.

INRAE : Christine CHARLOT,
secrétaire générale,
avec l'appui de **Nathalie HERMET**
Cirad : Philippe FELDMANN,
Marie DE LATTRE-GASQUET
Ifremer : Philippe GOULLETQUER
IRD : Chloé DESMOTS

L'IFREMER PRÉSENT DANS

DÉLÉGATION DE SAINT-PIERRE ET MIQUELON

IMPLANTATION **1970**

EFFECTIF **1**

THÉMATIQUES Suivi halieutique, hydrodynamisme des eaux côtières, pectiniculture, sclérochronologie

DÉLÉGATION DES ANTILLES FRANÇAISES

IMPLANTATION **1974**

EFFECTIF **10**

THÉMATIQUES Développement de la filière pêche, contamination par le chlordécone, modélisation des courants côtiers, élevage d'ombrine

DÉLÉGATION GUYANE

IMPLANTATION **1971**

EFFECTIF **5**

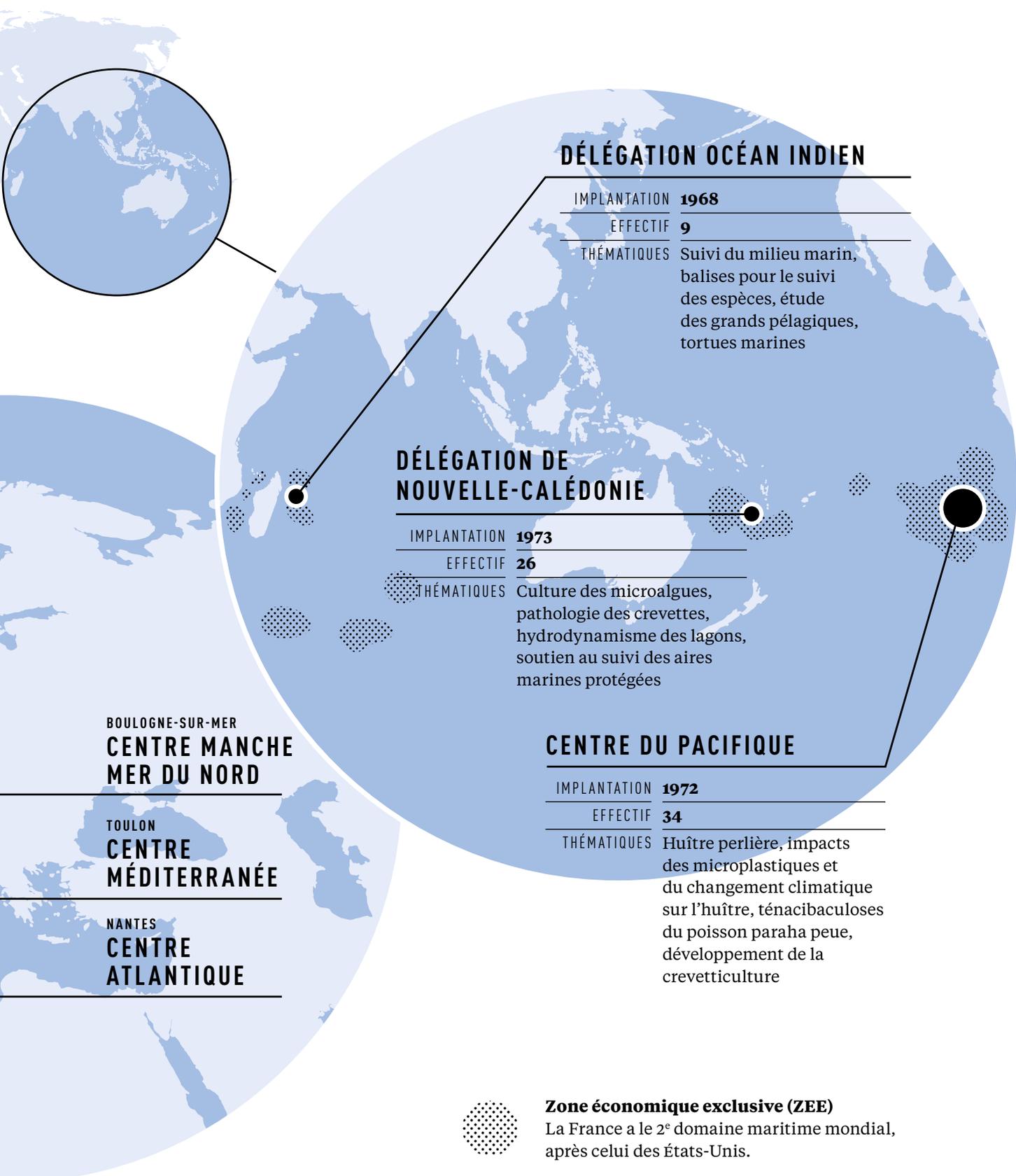
THÉMATIQUES Biodiversité halieutique, viabilité des pêcheries, services écosystémiques des mangroves, sargasses

BREST SIÈGE ET CENTRE BRETAGNE

Les laboratoires ultramarins de l'Ifremer accueillent des chercheurs, ingénieurs et techniciens de nombreux laboratoires métropolitains. Des équipements de pointe sont au service de la communauté scientifique : plateformes aquacoles ; systèmes d'observation et de surveillance du milieu côtier et des lagons.

LES TROIS GRANDS OCÉANS

— ATLANTIQUE, OCÉAN INDIEN, PACIFIQUE —



BOULOGNE-SUR-MER
**CENTRE MANCHE
MER DU NORD**

TOULON
**CENTRE
MÉDITERRANÉE**

NANTES
**CENTRE
ATLANTIQUE**

DÉLÉGATION OCÉAN INDIEN

IMPLANTATION **1968**

EFFECTIF **9**

THÉMATIQUES Suivi du milieu marin,
balises pour le suivi
des espèces, étude
des grands pélagiques,
tortues marines

DÉLÉGATION DE NOUVELLE-CALÉDONIE

IMPLANTATION **1973**

EFFECTIF **26**

THÉMATIQUES Culture des microalgues,
pathologie des crevettes,
hydrodynamisme des lagons,
soutien au suivi des aires
marines protégées

CENTRE DU PACIFIQUE

IMPLANTATION **1972**

EFFECTIF **34**

THÉMATIQUES Huître perlière, impacts
des microplastiques et
du changement climatique
sur l'huître, ténacibaculoses
du poisson paraha peu,
développement de la
crevetticulture



Zone économique exclusive (ZEE)

La France a le 2^e domaine maritime mondial,
après celui des États-Unis.



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

Tél. 02 98 22 40 40
<https://wwz.ifremer.fr/>



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

Conception graphique
Jérémy Barrault

Impression
Média Graphic

Ce document est imprimé sur du papier
Nautilus classic 100 % recyclé 300 g et 120 g.



