



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

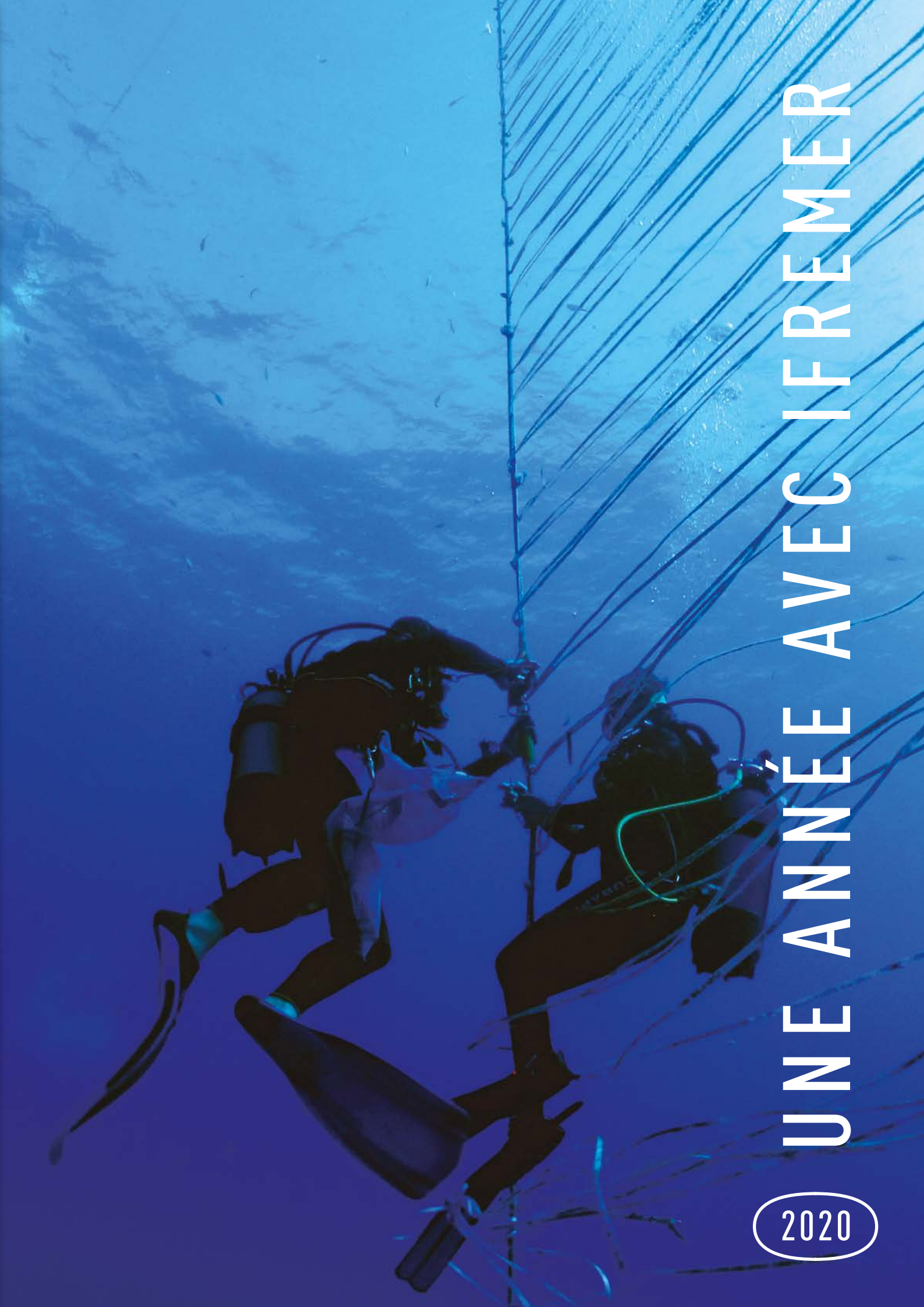


Ifremer



UNE ANNÉE AVEC IFREMER

2020



UNE ANNÉE AVEC IFREMER

2020

SOMMAIRE

7	ÉDITO		
10	CHIFFRES CLÉS 2020		
12	TEMPS FORTS DE L'ANNÉE		
<hr/>			
17	L'IFREMER S'ADAPTE À LA CRISE SANITAIRE	18	Mise en sécurité des personnels et maintien de l'essentiel de nos activités
		19	Poursuivre la surveillance sanitaire du milieu marin
		20	Surveiller un volcan sous-marin en plein confinement, une mission prioritaire assurée en dépit du contexte sanitaire
		22	Rechercher une éventuelle présence du SARS-Cov2 dans l'environnement marin
<hr/>			
23	LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE DANS LE MONDE	24	Plusieurs campagnes remarquables
		24	Modernisation et renouvellement se poursuivent
<hr/>			
26	PROTÉGER ET RESTAURER LES MERS ET LES OCÉANS UN OCÉAN VIVANT, SAIN, SÛR ET RÉSILIENT	27	Connaître, préserver et restaurer la biodiversité marine et les écosystèmes
		30	Comprendre les interactions entre le climat et l'océan
		33	Anticiper les événements extrêmes et leurs impacts, les prévenir et y remédier
		33	Tracer et limiter les impacts des activités humaines, des pollutions et des contaminants chimiques, physiques et biologiques
<hr/>			
36	GÉRER DURABLEMENT LES RESSOURCES MARINES POUR LE BIEN-ÊTRE DES SOCIÉTÉS HUMAINES UN OCÉAN DE SOLUTIONS	37	Assurer la durabilité de la pêche et de l'aquaculture
		40	Sécuriser la qualité sanitaire des produits de la mer
		43	Évaluer les enjeux de l'exploitation des ressources minérales
		44	Innover pour une industrie offshore responsable, dérisquée, durable et digitale
		48	Développer les biotechnologies marines
<hr/>			
50	CONSTRUIRE ET PARTAGER UN OCÉAN NUMÉRIQUE UN OCÉAN DE DONNÉES ET DE SERVICES	51	Plan d'investissement exceptionnel (PIE) de l'Ifremer
		52	Concevoir et opérer des infrastructures de recherche ouvertes
		54	Observer l'océan : concevoir, déployer et piloter des capteurs, des systèmes de mesure
		57	Concevoir des systèmes d'information ouverts
		57	Modéliser pour comprendre et prévoir l'océan du futur
		59	Rendre accessible l'information sur le milieu marin et ses usages
<hr/>			
61	ACCOMPAGNEMENT ET SOUTIEN À LA RECHERCHE	62	Ressources humaines et dialogue social
		62	Responsabilité sociétale de l'Institut
		63	Éthique, déontologie et intégrité scientifique
		64	Système de management de la qualité
		64	Données budgétaires et financières
<hr/>			
66	ANNEXES	67	Bilans et comptes de résultat
		71	Conseil d'administration au 31 décembre 2020
		72	Comité scientifique au 31 décembre 2020
		73	Organisation générale
		74	L'ifremer présent dans les trois grands océans

Reconnu dans le monde entier comme l'un des tout premiers instituts en sciences et technologies marines, l'Ifremer s'inscrit dans une double perspective de développement durable et de science ouverte. Il mène des recherches, innove et produit des expertises pour protéger et restaurer l'océan, exploiter ses ressources de manière responsable et partager les connaissances et les données marines afin de créer de nouvelles opportunités pour une croissance économique respectueuse du milieu marin.

Présents sur toutes les façades maritimes de l'Hexagone et des territoires d'outre-mer, ses laboratoires sont implantés sur une vingtaine de sites dans les trois grands océans : l'océan Indien, l'Atlantique et le Pacifique. Pour le compte de l'État, il opère la Flotte océanographique française au bénéfice de la communauté scientifique nationale. Il conçoit ses propres engins et équipements de pointe pour explorer et observer l'océan, du littoral au grand large et des abysses à l'interface avec l'atmosphère.

Ouverts sur la communauté scientifique internationale, ses 1 500 salariés, dont près de 600 chercheurs et ingénieurs et 300 techniciens, font progresser les connaissances sur l'une des dernières frontières inexplorées de notre planète ; ils contribuent à éclairer les politiques publiques et à l'innovation pour une économie bleue durable. Leur mission consiste aussi à sensibiliser le grand public aux enjeux maritimes.

Fondé en 1984, l'Ifremer est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous la tutelle conjointe des ministères de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (Mesri), de la Mer (MinMer), de la Transition écologique (MTE), de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA).

Pascal Lamy,

Président du conseil de la mission «Santé des océans, des mers et des eaux côtières et intérieures» de la Commission européenne.



© Institut Jacques Delors

L'année 2020 restera pour le monde et pour longtemps celle de l'irruption de la pandémie due au SARS-CoV-2.

Elle aura profondément affecté les activités de l'Ifremer, comme celles de l'humanité tout entière. Mais elle aura aussi, au moins peut-on l'espérer, permis de mieux comprendre pourquoi investir davantage dans la science et la connaissance de nos écosystèmes s'impose pour réduire les risques systémiques qui les affectent.

Comme on le verra dans ce rapport, les contraintes sanitaires n'ont pas empêché des projets majeurs de progresser, qu'il s'agisse du drone sous-marin Ulyx ou des flotteurs dérivants Argo, ni de réorienter rapidement des ressources vers les prélèvements et les analyses pour vérifier l'absence du virus dans les eaux arrivant à la mer et dans les coquillages.

Cette année aura aussi été celle des débuts d'une collaboration de l'Ifremer au projet européen Starfish 2030, une initiative calquée sur le modèle de mission illustrée, dans les années 1960, par le programme Apollo. Une nouveauté dans le paysage des

programmes européens consistant à faire d'investissements massifs dans la recherche et l'innovation le moteur de la réalisation d'ambitions pour résoudre quelques-uns des défis majeurs pour notre continent, en l'occurrence la régénération de notre hydrosphère. Hydrosphère entendue comme le système qui réunit les eaux de notre océan, de nos mers, de nos rivières, de nos lacs, de nos nappes. Une « mission » animée, aussi, par la conviction qu'une transformation aussi considérable ne peut advenir sans une mobilisation citoyenne sans précédent, un savoir-faire que l'Ifremer a su développer et que nous avons vu à l'œuvre lors de l'événement dont il a piloté l'organisation en décembre dernier.

Souhaitons donc que 2021 voie le lancement de Starfish 2030, et que la perspective de ressources européennes importantes permettant des avancées scientifiques nouvelles succède au sentiment de triste impuissance qui a saisi tant d'entre nous durant cette période qui, peut-être, va s'achever.

François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer



© Ifremer / E. lenglemez

Nous l'avons, toutes et tous, vécu : la pandémie de Covid-19 a profondément altéré nos vies personnelles et nos pratiques professionnelles, elle a perturbé notre organisation, elle a retardé, remis en cause, voire supprimé, certains de nos projets. Collectivement, nous avons cependant su faire preuve de résilience, en adoptant des règles de protection, de prévention et de précaution sanitaires, en mettant en place de nouvelles formes d'organisation du travail, en innovant dans notre communication interne.

Même si certaines activités ont été fortement pénalisées, nous avons su aller de l'avant. Chacune et chacun y a contribué à sa manière : les chercheurs et les doctorants, comme les ingénieurs et les techniciens ; les laboratoires et la flotte océanographique comme les services administratifs ; les directions et les représentants du personnel avec qui les échanges ont été nombreux.

Exemples remarquables de cette résilience collective, les deux campagnes océanographiques *Mayobs13*, menées au large de Mayotte pendant le premier confinement, se sont appuyées sur la mobilisation des personnels de l'Ifremer aussi bien que sur la qualité des collaborations avec le BRGM, le CNRS et l'IPGP et sur le soutien de la Marine nationale et des ministères en charge de la Recherche, des Outre-mer et de l'Environnement.

Plus profondément, cette année a changé notre appréhension globale du monde, de la notion même de développement durable. Je crois qu'il nous reste encore à tirer toutes les conséquences de ce changement qui dépasse le seul cadre de l'Ifremer et des sciences et technologies marines.

En 2020, nous avons aussi connu des temps forts et de beaux succès qui sont venus conforter la mise en œuvre du projet d'institut à l'horizon 2030. Ce rapport est l'occasion de les partager : ils couvrent les différentes facettes du contrat d'objectifs et de performance 2019-2023 qui a été signé lors de la journée mondiale de l'océan, le 8 juin 2020, à l'occasion d'un événement où nous avons donné à voir nos recherches et partenariats dans le Pacifique, dans l'Atlantique, dans l'océan Indien, comme sur les côtes de la Manche ou en Méditerranée.

La journée sur la biodiversité marine, organisée avec l'OFB, et la préparation, avec le CNRS, du programme prioritaire de recherche Océan-Climat ont montré notre capacité à nous saisir des grands enjeux qui affectent l'océan à l'échelle de la planète.

Grâce à la mobilisation de nombreux partenaires, la consultation nationale que nous avons menée pour la mission européenne Starfish 2030 a aussi montré que nos concitoyens ont conscience de ces enjeux et du lien entre les eaux intérieures et marines, et qu'ils se sentent concernés par la santé de l'océan et des mers.

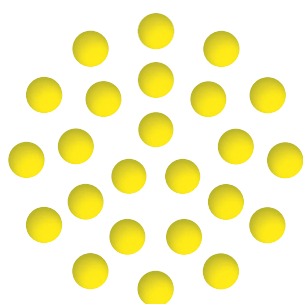
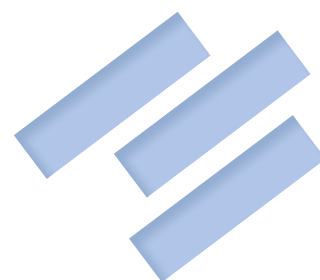
Les conférences de presse que nous avons tenues ont aussi témoigné de notre engagement au long cours dans l'expertise scientifique en appui à la gestion durable des ressources halieutiques et à la surveillance de la qualité des eaux côtières et littorales. Elles ont également montré notre capacité à innover et à collaborer avec des entreprises pour concevoir les engins sous-marins dont les scientifiques ont besoin pour explorer et connaître l'océan profond.

En 2020, nous avons aussi tracé des perspectives, en finalisant trois grands plans d'investissement dont la réalisation va s'étaler sur les 10 prochaines années : le plan d'investissement immobilier dédié aux sites de Nantes et de Brest va bénéficier, dès 2021, du soutien du plan France Relance pour le site nantais ; le plan de renouvellement et de modernisation de la Flotte océanographique française est le fruit d'un travail de longue haleine, initié dès 2017 et qu'il va nous falloir maintenant concrétiser projet après projet ; le plan d'investissement scientifique exceptionnel illustre la manière dont l'investissement dans l'innovation peut, en retour, soutenir des infrastructures de recherche, ouvrir de nouveaux horizons, ceux des sciences de la durabilité et nourrir une politique de partenariat et de transfert pour l'innovation.

Ouverte par la labellisation de l'Institut Carnot MERS, que l'Ifremer porte avec l'École centrale de Nantes, et par l'obtention d'un 3^e contrat ERC en 3 ans, et close par les 4 beaux succès obtenus à l'appel à projets « Equipex+ » du programme « Investissements d'avenir », 2020 nous aura donc aussi permis de préparer l'avenir, alors que s'ouvre la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable.

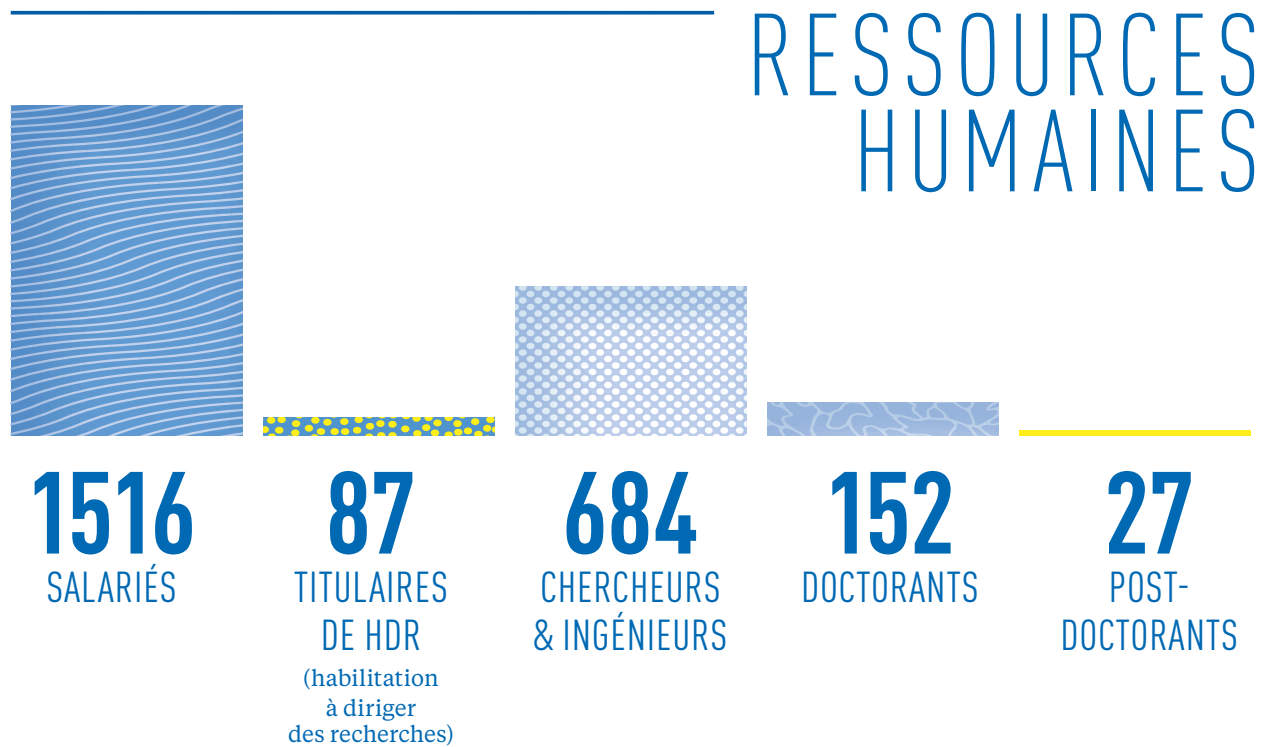
chiffres clés**2020**

RECHERCHE

622
PUBLICATIONS**333**
PUBLICATIONS
OPEN ACCESS**23**
UNITÉS
DE RECHERCHE**9**
UNITÉS MIXTES
DE RECHERCHE**3**
PROJETS ERC
EN COURS

EXPERTISE

107AVIS OU EXPERTISES
PRODUITS EN 2020

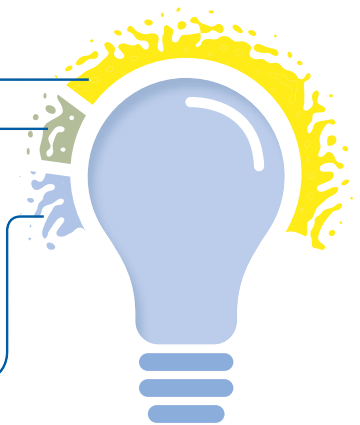


INNOVATION

102 INDUSTRIELS BÉNÉFICIAIRES DE TRANSFERTS DEPUIS L'INSTITUT

14 PROJETS DE MATURATION ENGAGÉS

12 DÉCLARATIONS D'INVENTION



BUDGET

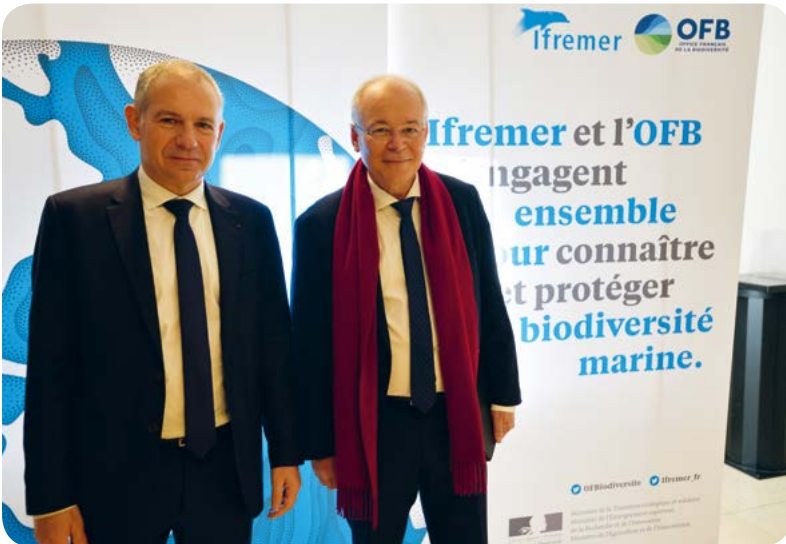
230

MILLIONS D'EUROS
EN 2020



(FÉV.) LABELLISATION DE MERS, LE SEUL INSTITUT CARNOT DÉDIÉ À L'OcéAN

Créés par le ministère de l'Enseignement supérieur de la Recherche et de l'Innovation, les instituts Carnot favorisent la recherche partenariale entre laboratoires publics et acteurs socio-économiques. La dernière vague de labellisation en 2020 a vu l'émergence d'un premier institut Carnot dédié à l'océan. Porté par l'Ifremer et Centrale Nantes en partenariat avec le CNRS et les Universités de Nantes, de Bretagne Occidentale et de Bretagne Sud, MERS entend contribuer à l'essor d'une économie bleue durable et respectueuse de l'océan. Photo © Centrale Nantes/Patrick Roustang



(MARS) L'IFREMER ET L'OFB UNISSENT LEURS VOIX POUR LA BIODIVERSITÉ MARINE

Le 12 mars 2020, l'Ifremer et l'Office français de la biodiversité, établissement expert et de référence sur la biodiversité, ont co-orchestré un colloque sur le thème « Ensemble, protéger la biodiversité marine: connaître pour agir ». Sur la photo: Pierre Dubreuil, directeur général de l'OFB et François Houllier, PDG de l'Ifremer. L'événement a rassemblé quelque 40 intervenants pour 180 participants, représentants de tous les maillons de la « chaîne » océan (scientifiques, pêcheurs, élus, ONG, institutionnels, gestionnaires d'espaces protégés...). Objectif: dresser un panorama de la recherche sur la biodiversité et esquisser des solutions pour sa préservation. Photo © Ifremer / Stéphane Lestbats



(MARS) ALTERNATIVE AUX ANTIBIOTIQUES: UNE BOURSE DE L'ERC ATTRIBUÉE AU PROJET DYNAMIC

Bonne nouvelle pour l'Institut en mars 2020: Frédérique Le Roux, chercheuse en microbiologie moléculaire de l'Ifremer à la station biologique de Roscoff (CNRS/Sorbonne Université) a décroché une bourse *advanced grant* décernée par le Conseil européen de la recherche (ERC) (185 lauréats pour 1881 candidatures). Les 2,5 millions d'euros attribués financeront le projet Dynamic qui étudie les phages dans l'eau de mer. Ces virus marins, prédateurs naturels des bactéries, pourraient en effet constituer une alternative d'avenir aux antibiotiques dans un contexte préoccupant de prolifération des bactéries multi-résistantes. Photo © Station Biologique Roscoff



(MARS) UNE ALLIANCE SCÉLÉE AVEC LA RECHERCHE MARINE ALLEMANDE

En phase avec la stratégie internationale de l'Institut visant à consolider des partenariats bilatéraux forts, l'Ifremer a posé les premiers jalons d'un partenariat élargi avec l'Allemagne dans le contexte de la création de l'Alliance allemande pour la recherche marine (DAM) en mars 2020. Cette alliance regroupe 15 institutions de recherche océanographique allemandes. Symbole de ce rapprochement, François Houllier, PDG de l'Ifremer a participé au lancement de la nouvelle organisation (de g à dr avec ses homologues Peter Herzig, directeur de l'Institut de recherche allemand GEOMAR et Ed Hill, directeur du National Oceanography Centre au Royaume-Uni.) Photo © DAM/Dirk Enters



(JUIN) LA MINISTRE FRÉDÉRIQUE VIDAL FAIT ESCALE À L'IFREMER

Dans le cadre de son Tour de France des savoirs dans les territoires, Frédérique Vidal, ministre de la Recherche, de l'Enseignement supérieur et de l'Innovation, s'est portée à la rencontre des universités, des organismes de recherche et des collectivités. Le 20 juin 2020, elle a honoré l'Ifremer de sa présence, réaffirmant l'importance des sciences marines pour la recherche française et saluant le travail d'un institut qui a su concilier ancrage régional et envergure mondiale. Cette visite a été l'occasion d'échanger sur les priorités du plan de relance pour la recherche et l'innovation en réponse à la crise du Covid-19.

Photo © Terra / Damien Carles



(JUIN) LE NOUVEAU CONTRAT D'OBJECTIFS ET DE PERFORMANCE RATIFIÉ

À l'occasion de la journée mondiale de l'océan, Élisabeth Borne, ministre de la Transition écologique et solidaire, Frédérique Vidal, ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et Didier Guillaume, ministre de l'Agriculture et de l'Alimentation, ont signé avec François Houllier, PDG de l'Ifremer, le nouveau contrat d'objectifs et de performance de l'Institut. Structuré autour de six grands objectifs, le COP est le document stratégique qui formalise les engagements entre l'Ifremer et ses ministères de tutelle. Il fixe la ligne directrice de l'Institut jusqu'en 2023. Photo © Terra / Damien Carles



(SEPT.) LE PRIX OUSTANDING ACHIEVEMENT AWARD DU CIEM DÉCERNÉ À CLARA ULRICH

Tous les ans le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) — qui fédère une communauté internationale de 6000 scientifiques spécialistes des ressources et écosystèmes marins — honore par un prix l'un de ses membres. En 2020, c'est notre directrice scientifique adjointe Clara Ulrich qui a reçu la précieuse distinction. Ce prix salue notamment ses travaux de référence sur les pêcheries mixtes, ces pêcheries qui capturent plusieurs espèces en même temps. Une expertise qui vient éclairer notamment la politique commune de la pêche (PCP). © Ifremer / Clara Ulrich



(SEPT.-OCT.) L'IFREMER PREND SES QUARTIERS DANS SON NOUVEAU SIÈGE

Les 160 salariés permanents affectés au siège de l'Ifremer (Plouzané) ont pris possession de leurs nouveaux bureaux à l'automne. Sa particularité : une empreinte écologique faible avec l'utilisation de matériaux biosourcés et des performances énergétiques certifiées Haute Qualité Environnementale.

Photo © Ifremer / Stéphane Lestbats



(OCT.) AURÉLIE BOISNOIR, LAURÉATE DU PRIX JEUNES TALENTS FRANCE 2020 L'ORÉAL-UNESCO POUR LES FEMMES ET LA SCIENCE

Chercheuse en post-doctorat à la Station Ifremer des Antilles en Martinique, Aurélie Boisnoir a rejoint les « happy few » de la promotion 2020 des lauréates du Prix Jeunes Talents L'Oréal-UNESCO Pour les Femmes et la Science (35 candidatures primées sur 700 reçues). Aurélie Boisnoir a été distinguée pour ses travaux sur des dinoflagellés benthiques toxiques impliqués dans la ciguatera, une intoxication alimentaire qui est causée par des poissons contaminés par ces microalgues et qui a des conséquences sanitaires et économiques dans les Caraïbes.

Photo © Fondation L'Oréal



(OCT.) ULYX : LE NOUVEL EXPLORATEUR DES GRANDS FONDS

Le 23 octobre 2020, Ulyx, le nouveau robot sous-marin de la Flotte océanographique française (opérée par l'Ifremer) a été baptisé au centre Méditerranée de l'Ifremer à la Seyne-sur-Mer. Capable de plonger jusqu'à 6 000 mètres, ce nouvel engin autonome a des performances de navigation et un niveau d'équipement inédits : il s'affiche ainsi comme une véritable rupture technologique dans l'exploration des abysses. Seuls quatre pays sont dotés d'un tel robot spécialement conçu pour la science. Dans l'odyssée des grands fonds, la France a toujours occupé une place de pionnier et avec Ulyx, elle réaffirme aujourd'hui son leadership. Photo © Ifremer / Ambre Bodénès



(NOV.) QUATRE SKIPPERS DU VENDÉE GLOBE EN MISSION POUR LA SCIENCE

Au-delà de l'aventure sportive, quatre skippers du Vendée Globe — Fabrice Amédéo, Boris Herrmann, Alexia Barrier et Louis Burton — ont accepté de relever un défi scientifique pour l'Ifremer. Objectif : récolter des données dans des zones de l'océan Austral très peu fréquentées et acquérir des clés de compréhension sur le dérèglement climatique et la pollution plastique. Trois voiliers ont été équipés d'un appareil pour mesurer la température, la salinité et le CO₂ et trois flotteurs Argo, ces robots autonomes qui transmettent leurs données par satellite, ont également été largués. Grande première sur une course au large : des microplastiques ont pu être collectés grâce à un système de filtres sur le bateau de Fabrice Amédéo (ici en photo). Photo © Jean-Marie Liot

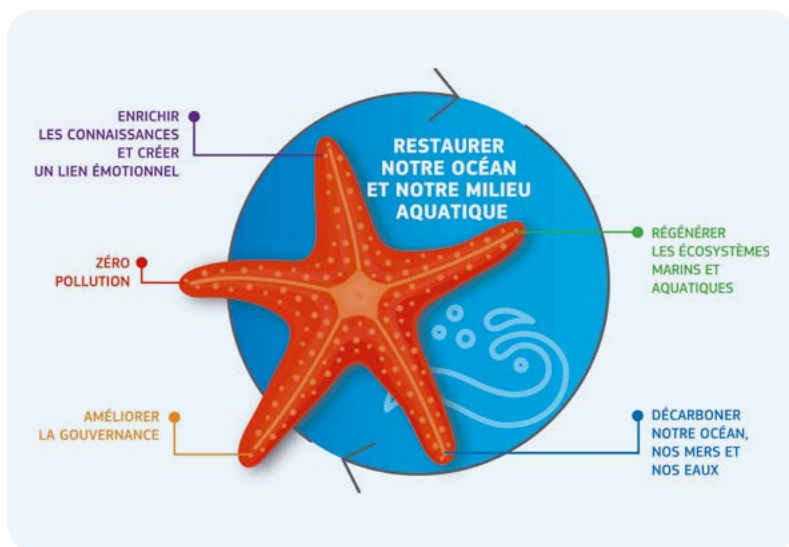
OUVERTURE À LA SOCIÉTÉ

DES ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DE RECHERCHE, D'EXPERTISE ET D'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

Cette charte, adoptée en 2008 et élargie en 2011 et 2016, accueille de nouveaux signataires le 27 novembre 2020.

(NOV.) SIGNATURE D'UNE CHARTE D'OUVERTURE À LA SOCIÉTÉ

Le 27 novembre 2020, l'Ifremer et sept autres établissements publics de recherche, d'expertise et/ou d'évaluation scientifique et technique (Inrae, Anses, BRGM, Ifsttar, IRSN, Ineris et Santé publique France) ont ratifié conjointement une charte d'ouverture à la société. Convaincus qu'une culture du partage des connaissances est synonyme d'une meilleure compréhension des risques et donc d'une participation plus active des citoyens à leur prévention, ces 8 établissements s'engagent sur le chemin d'une plus grande transparence vis-à-vis de la société pour faire vivre le débat et éclairer la décision publique. Photo © European Union, 2020



(D'ÉC.) À BORD DE LA MISSION EUROPÉENNE STARFISH 2030

Dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2030, l'Union européenne a identifié cinq grands défis stratégiques parmi lesquels la restauration de la santé de l'océan, des mers, lacs, fleuves et rivières. Cette mission, baptisée Starfish 2030, a été confiée à l'ancien commissaire européen Pascal Lamy. Important relais de la démarche en France, l'Ifremer a élaboré et coordonné — avec l'aide de partenaires du monde maritime — une grande enquête sur ce thème auprès des citoyens de l'Hexagone. Près de 6 500 réponses ont été recensées. La diffusion des résultats en ligne a également connu un beau succès d'audience avec 6 000 internautes connectés. © Starfish/ Koctehko

(D'ÉC.) L'IFREMER, MOTEUR DU PROGRAMME PRIORITAIRE DE RECHERCHE « OCÉAN-CLIMAT »

En duo avec le CNRS, l'Ifremer est porteur du Programme prioritaire de recherche (PPR) « Océan Climat : un océan de solutions ». Ce programme vise à doter la France d'une politique scientifique ambitieuse à la croisée des grandes transitions à l'œuvre dans nos sociétés. Annoncé en décembre 2019, instruit en 2020 et lancé en 2021, il s'articulera autour de 3 grands objectifs : la prévision de la réponse de l'océan au changement climatique, l'exploitation durable de l'océan et la préservation de sa biodiversité, la réduction de la pollution océanique et l'étude des effets des stress anthropiques sur le milieu marin. Photo © Ifremer / Jérémy Barrault

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Ifremer

CNRS

IFREMER

2021
Changement des Météores Océan
2021
Le service de l'océanographie et de la mer



**PROGRAMME
PRIORITAIRE
DE RECHERCHE
OCÉAN
& CLIMAT**

L'Ifremer s'adapte à la crise sanitaire

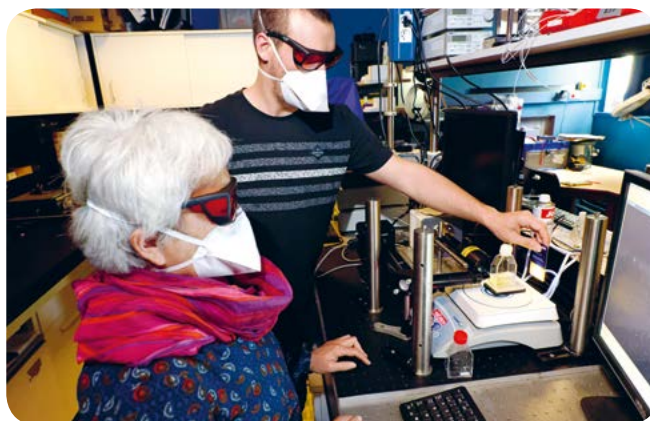
La pandémie de Covid-19 a pris de cours de très nombreuses institutions en bouleversant complètement leurs modes habituels de fonctionnement. Le confinement et les mesures sanitaires ont obligé l'Ifremer à adapter son organisation et ses pratiques à ce contexte très particulier afin de garantir la santé de ses personnels, préserver ses infrastructures et poursuivre ses activités de recherche et de surveillance des milieux marins. Passé le choc initial, les mesures engagées ont rapidement porté leurs fruits.

MISE EN SÉCURITÉ DES PERSONNELS ET MAINTIEN DE L'ESSENTIEL DE NOS ACTIVITÉS

Le confinement de mars 2020 a engendré une situation inédite. Arrêt brutal des activités et fermeture des locaux, maintien à quai des navires de la Flotte, interruption des recherches et des campagnes océanographiques ont permis d'assurer la protection des personnels, ont profondément perturbé l'Institut. Certaines fonctions et missions devant être impérativement assurées, l'Ifremer a mis en œuvre dans les plus brefs délais un plan de continuité d'activité (PCA). Il a permis d'assurer des services administratifs clés, la maintenance des infrastructures et les activités de surveillance sanitaire et zoonositaire. Dans le même temps, la généralisation du télétravail a offert aux chercheurs la possibilité de reprendre une grande partie de leurs activités. Il convient de saluer l'engagement des différentes équipes et la faculté d'adaptation des personnels au cours de cette période critique.

Le service des ressources humaines a ainsi continué à accompagner les personnels, à assurer la gestion des paies, à poursuivre le dialogue social. Une attention spécifique a été apportée aux télétravailleurs afin de les aider à mieux vivre ce changement de pratiques : la mise en ligne d'une conférence sur « la préservation de l'équilibre personnel et professionnel en période de confinement » illustre ces efforts. La lettre de communication interne, qui a doublé sa fréquence de parution, a également beaucoup participé à maintenir le lien entre les ifremeriens. Les services informatiques se sont eux aussi fortement mobilisés. Il a fallu renforcer les outils existants et en créer de nouveaux pour absorber une affluence aussi brusque qu'inhabituelle dans l'utilisation de la visioconférence, des messageries, des transferts de données : les flux depuis les domiciles ont été multipliés par 10 durant le confinement. En outre, les centres et laboratoires de l'Ifremer ont fait preuve de civisme en donnant à la communauté médicale des masques, gants, réactifs, et en partageant certains équipements d'analyse.

Avec l'amorce du déconfinement au mois de mai, de nouveaux protocoles ont été élaborés dans le cadre d'un plan de reprise d'activité (PRA). La santé et la sécurité restant une priorité, le télétravail a été maintenu comme pratique à privilégier. Toutefois, certains personnels ont été autorisés à rejoindre leur service, laboratoire ou navire, afin de mener à bien des missions prioritaires. Naturellement, des équipements de protection leur ont été fournis et différentes mesures adoptées pour que cette reprise d'activité en présentiel puisse s'effectuer dans les meilleures conditions possibles de sécurité sanitaire. Ces mesures, régulièrement ajustées suivant l'évolution du contexte, restent en vigueur aujourd'hui.



CRISE SANITAIRE OBLIGE, LE MASQUE S'INVITE DANS LES EXPÉRIENCES SCIENTIFIQUES COMME ICI POUR LE DÉVELOPPEMENT D'UN BANC D'ESSAI DÉDIÉ AU PHYTOPLANCTON © Ifremer / Olivier Dugornay

Malgré la réactivité et l'adaptation dont a fait preuve l'Ifremer, les mesures de confinement n'ont pas été sans conséquence. L'interruption, même temporaire, de la collecte de certaines données, le retard pris dans les travaux de recherche et de thèse, le report de campagnes océanographiques ont provoqué des perturbations notables. Les équipes s'efforcent aujourd'hui, dans un contexte toujours incertain, de pallier ces problèmes tout en s'efforçant de trouver des solutions pour améliorer la résilience de l'Institut à ce type de crise.

POURSUIVRE LA SURVEILLANCE SANITAIRE DU MILIEU MARIN

INTERVIEW DE MAUD LEMOINE SUR L'ADAPTATION PENDANT LE CONFINEMENT DU RÉSEAU D'OBSERVATION ET DE SURVEILLANCE DU PHYTOPLANCTON ET DE L'HYDROLOGIE DANS LES EAUX LITTORALES (REPHY).



MAUD LEMOINE, BIOLOGISTE ET COORDINATRICE DES RÉSEAUX DE SURVEILLANCE DES MICROALGUES DANS L'EAU DE MER ET DES TOXINES DANS LES COQUILLAGES © IFREMER

QUELLE EST L'ACTIVITÉ HABITUELLE DU REPHY ?

Dans le cadre de cette surveillance, nous faisons des prélèvements d'eau sur le littoral, depuis la terre et en mer, que nous analysons ensuite en laboratoire. Opéré par les laboratoires Environnement ressources (LER) de l'unité Littoral, ce travail répond à trois objectifs complémentaires. Il a une visée sanitaire, car certaines microalgues contiennent des toxines qui peuvent contaminer les coquillages et rendre malades ceux qui les consomment. Notre rôle est donc d'alerter les autorités si nécessaire. L'autre visée est réglementaire, car ces analyses permettent aussi d'évaluer la qualité des eaux littorales sur le long terme. Enfin, ce suivi participe au travail général de recherche de l'Ifremer sur les microalgues, leurs niches écologiques et les changements environnementaux.

LE SUIVI SANITAIRE A-T-IL ÉTÉ TRÈS AFFECTÉ PAR LE CONFINEMENT ?

Il y a eu une semaine d'interruption complète des prélèvements, mais comme l'activité conchyicole se poursuivait et que les coquillages continuaient d'être commercialisés, il était impératif de rétablir

la surveillance sanitaire. Nous avons donc travaillé quotidiennement avec les services de l'État responsables de ces sujets pour déterminer ce qu'il était possible de faire et quelles solutions pouvaient être mises en œuvre. Je dois dire que tous les échanges, plutôt intenses, que j'ai pu avoir durant cette période avec les services de l'État et mes collègues des LER ont été très constructifs et bienveillants. Tout le monde a vraiment mis du sien pour surmonter les difficultés. Finalement, nous avons revu notre organisation et nos manières de travailler pour pouvoir rétablir au plus tôt les prélèvements et analyses.

QUELLES MODIFICATIONS AVEZ-VOUS APPORTÉES À VOTRE ORGANISATION ?

La première étape consistait à reprendre les prélèvements sans faire courir de risques aux agents de l'Ifremer et aux prestataires réalisant ce travail. À condition que l'opérateur soit seul dans son véhicule et convenablement équipé, il n'y avait pas de problèmes majeurs pour reprendre les prélèvements réalisés à partir du rivage. Par contre, ceux effectués en mer ont dû être interrompus, car même pour les esquifs de petite taille, ils nécessitaient d'embarquer *a minima* un pilote et un préleveur.

Par conséquent, nous avons redéfini nos points de collecte, en rapatriant au rivage ceux qui étaient jusque-là réalisés en mer, et en nous assurant que toutes les zones de production de coquillages étaient bien couvertes. En nous appuyant sur notre connaissance du terrain, nous avons pu très rapidement redéfinir une carte des prélèvements assez exhaustive et programmer des analyses complémentaires de coquillages pour les zones non couvertes par la surveillance des eaux.

COMMENT VOUS ÊTES-VOUS ORGANISÉS POUR LES ANALYSES EN LABORATOIRE ?

Là aussi, il a fallu un peu s'adapter. En général, nous faisons les prélèvements en début de semaine afin de rendre les résultats le jeudi ce qui implique de réaliser les analyses en un temps très restreint. Pour assurer de nouveau ces opérations, nous nous sommes appuyés sur le protocole de continuité d'activité. Nous avons redéfini les plannings des agents et autorisé certains d'entre eux à accéder aux laboratoires en respectant des règles strictes : ne pas être deux dans le laboratoire, sans être seul dans le bâtiment, adopter les gestes barrières, etc. Les analyses ont ainsi pu être de nouveau assurées et l'ensemble de la surveillance sanitaire rétablie.

EST-CE QUE VOUS AVEZ RETROUVÉ UN FONCTIONNEMENT NORMAL APRÈS LE DÉCONFINEMENT ?

Oui, à partir du mois de juin, nous avons de nouveau pu réaliser des embarquements et donc rétablir les prélèvements en mer, en respectant bien entendu toutes les mesures barrières. En revanche, nous n'avons pas pu, pendant les deux mois de confinement, assurer les autres suivis à vocation réglementaire et scientifique, ce qui s'est traduit par des lacunes dans nos séries de données. Elles ne sont pas énormes, mais cela nous incite à réfléchir à la manière dont nous pourrions éviter ces pertes à l'avenir si l'accès au terrain devait de nouveau être ponctuellement restreint.

SURVEILLER UN VOLCAN SOUS-MARIN EN PLEIN CONFINEMENT, UNE MISSION PRIORITAIRE ASSURÉE EN DÉPIT DU CONTEXTE SANITAIRE.

INTERVIEW D'EMMANUEL RINNERT SUR LE MAINTIEN DE LA SURVEILLANCE DU VOLCAN SOUS-MARIN AU LARGE DE MAYOTTE (CAMPAGNE MAYOBS)



EMMANUEL RINNERT, CHERCHEUR EN GÉOSCIENCES MARINES ET CHEF DE MISSION, SUR LE MAINTIEN DE LA SURVEILLANCE DU VOLCAN SOUS-MARIN AU LARGE DE MAYOTTE
© IFREMER / OLIVIER DUGORNAY

QUELLE ÉTAIT LA MISSION INITIALEMENT PRÉVUE ?

Nous avons programmé une campagne au mois de mai 2020 qui devait se dérouler sur le *Marion Dufresne*. Il s'agissait de récupérer les données des stations sismologiques sous-marines que nous avons installées l'année précédente, en assurant dans le même temps leur maintenance et leur redéploiement. Cette campagne devait aussi nous permettre d'observer l'évolution de l'éruption volcanique et de réaliser des prélèvements d'eau et de roches (laves), nos derniers suivis datant d'août 2019. Lors de l'annonce du confinement, nous n'avions aucune idée de sa durée ni de l'impact qu'il allait avoir. Comme la surveillance de ce volcan sous-marin faisait partie des priorités, nous avons continué à organiser la campagne, à préparer et envoyer le matériel, en intégrant des aléas auxquels nous n'étions pas habitués. Mais quelque temps avant le départ, nous avons dû nous rendre à l'évidence : nous ne pouvions pas la réaliser comme prévu.

QU'EST-CE QUI POSAIT PROBLÈME POUR EFFECTUER CETTE CAMPAGNE ?

Le navire à bord duquel nous pensions embarquer ne pouvait pas prendre la mer, car tous les navires de la flotte océanographique devaient rejoindre les ports français et rester à quai. Les protocoles sanitaires adaptés aux métiers de la mer étaient encore inconnus et les différences entre les membres d'équipages, les techniciens et les scientifiques qui relevaient d'organismes variés étaient complexes. Il a donc fallu faire appel à deux navires différents et scinder la campagne en deux : Mayobs 13-1 et Mayobs 13-2. La première présentait l'avantage de ne pas nécessiter d'équipement lourd ni l'assistance d'un grand nombre de spécialistes. Nous avons donc sollicité l'aide de la Marine nationale qui nous a invités à bord du bâtiment de soutien et d'assistance outre-mer *Champlain*. Quatre volontaires, deux de l'Ifremer et deux collègues du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), sont partis à La Réunion. Ils ont effectué une quinzaine de jours de confinement en chambre et ont pu ensuite embarquer pour effectuer leur mission. Ils sont revenus avec les données, en ayant réussi à redéployer la plupart des instruments. L'accueil de la Marine a été particulièrement chaleureux et leur aide inconditionnelle vraiment appréciable.

ET QUE S'EST-IL PASSÉ POUR LA CAMPAGNE MAYOBS 13-2 ?

C'était plus délicat, car l'observation de l'éruption sous-marine nécessitait d'utiliser des outils acoustiques très particuliers permettant d'étudier



MALGRÉ LE CONTEXTE SANITAIRE, LES SCIENTIFIQUES N'ONT PAS RELÂCHÉ LA SURVEILLANCE SUR LE VOLCAN SOUS-MARIN AU LARGE DE MAYOTTE COMME ICI LES MEMBRES DE LA CAMPAGNE MAYOBS 15 À BORD DU MARION DUFRESNE. © Ifremer

la morphologie du fond, mais aussi d'enregistrer les signaux situés dans la colonne d'eau (émission de gaz, présence de particules). Ces sondeurs multifaisceaux, capables d'enregistrer avec une très large ouverture et par grand fond (plus de 3000 m), sont assez rares. Nos navires étant à quai, ceux de la Marine nationale disposant de ce type d'équipement trop loin, nous avons fait appel à une société privée de prospection géophysique, Fugro, qui nous a proposé les services du *Gauss*. Nous avons réalisé des tests pour vérifier la compatibilité de leur outil avec nos besoins et passé un contrat avec eux après accord du Revosima, le réseau en charge de la surveillance de la crise sismo-volcanique.

Nous avons alors mis en œuvre un protocole complètement inhabituel de télé-opération ou de télé-embarquement — nous n'avons pas encore trouvé le bon terme. Les marins et opérateurs du *Gauss* effectuaient les mesures sur site et nous envoyaient les données que nous traitions immédiatement pour pouvoir leur fournir de nouvelles directives. Quatre de nos spécialistes

en traitement de données acoustiques, épaulés par des experts de ces équipements (Ifremer et Genavir), ainsi que trois chefs de mission (Bureau de recherches géologiques et minières [BRGM], Ifremer, IPGP) se sont ainsi relayés 24/24h pendant 7 jours. Cette solution nous a permis de mener à bien notre mission.

VOUS AVEZ RÉALISÉ D'AUTRES CAMPAGNES APRÈS LE DÉCONFINEMENT ?

Nous sommes repartis au mois d'octobre 2020 sur le *Marion Dufresne* en respectant un protocole sanitaire rigoureux. Les embarquants ont été soumis à une dizaine de jours de confinement à domicile et à différents tests (PCR et sérologiques). Confirmés négatifs, ils ont ensuite été conduits à bord le plus directement possible. Sur le navire, chacun avait sa cabine et devait porter un masque en permanence pendant 15 jours, le temps pour l'infirmière de vérifier par de nouveaux tests qu'aucune des personnes embarquées n'était porteuse du virus. C'est ce type de protocole que nous continuons à appliquer aujourd'hui afin de poursuivre nos campagnes.

RECHERCHER UNE ÉVENTUELLE PRÉSENCE DU SARS-COV2 DANS L'ENVIRONNEMENT MARIN

Le SARS-CoV-2, virus responsable de la maladie Covid-19, peut-il être présent dans l'eau et contaminer l'environnement marin? Telle est la question que s'est posée le laboratoire Santé, Environnement et Microbiologie (LSEM) du centre Atlantique de l'Ifremer. Soucieux de contribuer à une meilleure connaissance de ce virus, les chercheurs ont analysé différents échantillons d'eau et de coquillages. Les premiers résultats montrent que si des traces du virus sont bien présentes dans les eaux usées des stations d'épuration testées, les coquillages analysés ne sont en revanche pas contaminés.



UNE FOIS PRÉLEVÉS SUR LES DIFFÉRENTS SITES DE COLLECTE, LES ÉCHANTILLONS D'EAU DE MER, DE COQUILLAGES ET D'EAUX USÉES SONT CONGELÉS AVANT D'ÊTRE ACHÉMINÉS PUIS ANALYSÉS AU CENTRE IFREMER ATLANTIQUE À NANTES ». © Ifremer

Lorsque l'épidémie de SARS-CoV-2 s'est déclarée, le LSEM s'apprêtait à travailler sur ces questions de circulation des virus dans l'environnement au sein du projet européen VEO « Observatoire polyvalent des maladies infectieuses émergentes ». Les chercheurs ont donc naturellement choisi d'orienter leurs travaux vers ce nouveau venu encore très mal connu. Ils ont commencé par affiner et fiabiliser leur protocole d'analyse, pour l'appliquer ensuite à différents échantillons. En s'appuyant sur le réseau des laboratoires Environnement ressources (LER) de l'Ifremer, les chercheurs ont pu réaliser des prélèvements d'eaux usées, d'eau de mer et de coquillages.

A priori fragile, et donc peu enclin à se disséminer via les eaux usées, le SARS-CoV-2 avait néanmoins été repéré dans des réseaux d'assainissement en France et aux Pays-Bas. L'équipe de l'Ifremer a de ce fait porté son attention sur trois stations d'épuration du Grand-Ouest, deux en zone urbaine et une en zone littorale. L'échantillonnage a été effectué du 16 mars au 12 mai, en entrée de station (avant retraitement). L'analyse a confirmé la présence du génome SARS-CoV-2 dans une majorité de prélèvements, avec toutefois une diminution du nombre de tests positifs au fur et à mesure du recul de l'épidémie, fin avril et début mai.

Parallèlement, les chercheurs ont effectué des prélèvements d'eau de mer et de coquillages en élaborant une stratégie d'échantillonnage qui permettait de couvrir les trois façades maritimes de France métropolitaine. Sur les côtes normande, bretonne, atlantique et méditerranéenne, les sites ont été choisis pour leur exposition aux sources de contamination fécale d'origine humaine. Palourdes, moules et huîtres issues de ces sites ont été attentivement examinées, sans qu'aucune trace de SARS-CoV-2 ne puisse être repérée.

Afin de continuer ces analyses et suivre ainsi la dynamique du virus sur l'ensemble du territoire, l'Ifremer a rejoint les rangs du projet Obépine (Observatoire épidémiologique dans les eaux usées) qui entend mutualiser les résultats d'analyse d'eaux usées réalisées par les laboratoires français.

La Flotte océanographique française dans le monde

C'est dans le contexte très particulier de la pandémie que doit être appréhendée l'activité de la Flotte en 2020. En effet, le programme de campagnes scientifiques initialement prévu s'est brutalement interrompu mi-mars lorsque le gouvernement a décrété le confinement. Soucieux de protéger les équipages et les équipes scientifiques, l'Ifremer, opérateur de la Flotte, a immédiatement donné l'ordre aux navires de rejoindre la métropole et de rester à quai. Il a fallu attendre l'amélioration de la situation en mai pour envisager une reprise d'activité.

Un protocole sanitaire a été établi, alors que dans le même temps s'effectuait une reprogrammation plutôt ardue des campagnes scientifiques. Au début du second semestre, en respectant toutes ces mesures de protection des personnels embarqués, les navires ont pu progressivement reprendre la mer et réaliser quelques très belles campagnes. Finalement, près de 40 % des objectifs programmés avant la crise ont été tenus. La Flotte océanographique française a également poursuivi ses efforts de R&D et son programme de renouvellement des navires et des équipements.

PLUSIEURS CAMPAGNES REMARQUABLES

Malgré toutes ces difficultés, la Flotte a continué d'accompagner et de soutenir les scientifiques originaires de nombreuses institutions dans leurs projets : écosystèmes profonds, processus régulateurs du climat, biodiversité marine, prévisions des aléas, surveillance halieutique étaient comme chaque année au cœur des campagnes, même si l'activité s'est fortement réduite.

- **Momarsat** — Depuis 2010, une campagne scientifique annuelle est organisée pour assurer la maintenance de l'observatoire de fond de mer EMSO Açores et poursuivre l'exploration du champ hydrothermal Lucky Strike au sein duquel il est installé, à 1700 m de profondeur. L'année 2020 a été l'occasion de retracer dix ans de cette très belle aventure qui s'est traduite par des avancées remarquables dans la connaissance de ces milieux très particuliers.
- **Acclimate 2** — Le *Marion Dufresne* a mis ses équipements uniques au service d'une trentaine de scientifiques de onze nationalités qui ont bravé les rigueurs de l'océan Austral pour prélever quelques magnifiques carottes sédimentaires à des profondeurs allant de 1000 à 4600 m. En analysant ces prélèvements géants de plus de 60 m de long, ils ambitionnent de mieux comprendre l'évolution de cet océan au cours des 500 000 dernières années et d'obtenir à terme des modèles de projection du climat plus performants.
- **Focus X1** — Utiliser des technologies de pointe en matière de fibre optique et de mesure laser pour observer le comportement d'une faille sous-marine est une première et un défi qu'ont relevé des scientifiques du CNRS, de l'Université de Bretagne occidentale, de l'Ifremer et de l'Institut de physique de Catane. La Flotte océanographique française a apporté tout son savoir-faire à ce projet en concevant une charrie sous-marine originale. Opérée par le submersible Victor 6000, elle a permis d'enfouir dans les sédiments, au large de la Sicile à plus de 2000 m de fond, le câble essentiel à la création de ce nouveau réseau de surveillance sismique.

- **Sealex** — Des chercheurs français et italiens ont voulu comprendre comment s'étaient dispersés en mer les sédiments arrachés par la tempête Alex aux vallées des Alpes-Maritimes particulièrement touchées par cet événement. Profitant d'une disponibilité exceptionnelle du *Pourquoi Pas ?*, la Flotte a répondu présent très rapidement. En une quinzaine de jours, la campagne était validée. L'équipe scientifique a pu ainsi opérer des mesures et des prélèvements entre l'embouchure du Var et celui de la Roya, un mois à peine après la fin de la tempête.

MODERNISATION ET RENOUVELLEMENT SE POURSUIVENT

Rester au meilleur niveau afin de proposer aux scientifiques des outils d'exploration de premier plan est un objectif clé pour l'avenir de la Flotte océanographique française. En 2020, plusieurs avancées notables ont été réalisées en ce sens.

- **Programmation à moyen terme** — Le 8 octobre 2020, le conseil d'administration de l'Ifremer a voté une programmation à moyen terme de la Flotte océanographique française jusqu'en 2035. Ce document pose les principaux investissements en matière de jouvences, constructions et acquisitions d'équipement en remplacement des moyens navals en fin de vie ou devenus obsolètes. Le renforcement de la polyvalence des navires et l'amélioration globale de leurs performances environnementales sont deux objectifs centraux de cette programmation qui réaffirme également la volonté de la Flotte de maintenir sa présence sur tous les océans du globe et d'accroître sa capacité d'exploration des grands fonds marins.
- **Label Green Marine Europe** — L'Ifremer et Genavir ont été honorés par l'attribution du label Green Marine Europe. Ce nouveau programme volontaire de certification environnementale propose aux armateurs d'évaluer leurs navires au regard de plusieurs « critères de rendement ». Parmi eux se trouvent la maîtrise du bruit sous-marin — un critère pour lequel la Flotte a obtenu la note maximale —, mais aussi la réduction des différentes émissions atmosphériques polluantes ou à effet de serre, la gestion des matières résiduelles et la prévention des fuites et des déversements.

Les problématiques de recyclage des navires et les relations avec les parties prenantes de la communauté maritime sont également prises en compte dans cette évaluation.

• **Baptême du véhicule sous-marin autonome Ulyx**

Fruit de plusieurs années de développement, Ulyx, le dernier né de la Flotte océanographique française représente une véritable rupture technologique par ses performances de navigation et son niveau d'équipements inédits. Grâce à lui, la France réaffirme son leadership dans l'exploration des abysses et rejoint les rares pays disposant d'un véhicule sous-marin autonome (AUV) capable de descendre à 6 000 m de fond. Tous les domaines des sciences océaniques bénéficieront de l'arrivée de ce joyau technologique : océanographie et étude de la colonne d'eau, géosciences, biologie et écologie

des grands fonds. Il a en effet été conçu pour participer à un large éventail de missions, depuis l'étude des ressources minérales et des écosystèmes profonds, jusqu'à la caractérisation biogéochimique des environnements.

Plus de détails dans le rapport annuel de la Flotte océanique française à télécharger sur :

<https://www.flotteoceanographique.fr/Nous-connaître/Rapports-et-publications/Rapports-d-activites>



VUE D'ARTISTE DU SOUS MARIN ULYX

© Ifremer / Jérémy Barrault

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

QUELS FACTEURS EXPLIQUENT LA DISTRIBUTION DE LA FAUNE DANS LES SYSTÈMES HYDROTHERMAUX PROFONDS ?

Depuis de nombreuses années, l'Ifremer étudie les riches écosystèmes qui se sont développés autour des sources hydrothermales profondes situées le long des dorsales océaniques. Les fluides brûlants et chargés en métaux lourds qui s'en échappent sont en effet à l'origine de la formation de grands édifices géologiques qui abritent une vie exubérante.

En 2020, des biologistes de l'Institut se sont plus particulièrement consacrés à l'étude des facteurs intervenant dans la distribution de cette faune. Ils ont pour cela caractérisé et comparé celle de plusieurs édifices, au sein d'un même champ puis de champs hydrothermaux différents.

Ce travail a fait l'objet d'une publication dans la revue *Deep-Sea Research*. L'étude porte sur trois champs hydrothermaux de la zone des Açores, distants les uns des autres et situés à des profondeurs différentes. Le premier, Lucky Strike (1700 m de profondeur) est déjà relativement bien connu grâce à la présence d'un observatoire de fond de mer qui fournit des données en continu depuis 2010. Le second, Menez Gwen (825 m) se trouve à 100 km plus au nord, et le troisième Rainbow (2275 m) à 300 km plus au sud.

Pour mener cette étude, les chercheurs ont concentré leur attention sur une espèce de moule, appelée *Bathymodiolus azoricus*, très répandue dans ces champs hydrothermaux. Véritable espèce ingénieuse, elle joue un rôle clé dans le développement des communautés animales, car sa structure tridimensionnelle forme des assemblages dans lesquels des dizaines d'autres espèces viennent s'abriter et se nourrir.



VIE FOISSONNANTE DES ABYSSES SUR LE SITE HYDROTHERMAL LUCKY STRIKE AU MILIEU DE L'OCÉAN L'ATLANTIQUE © Ifremer

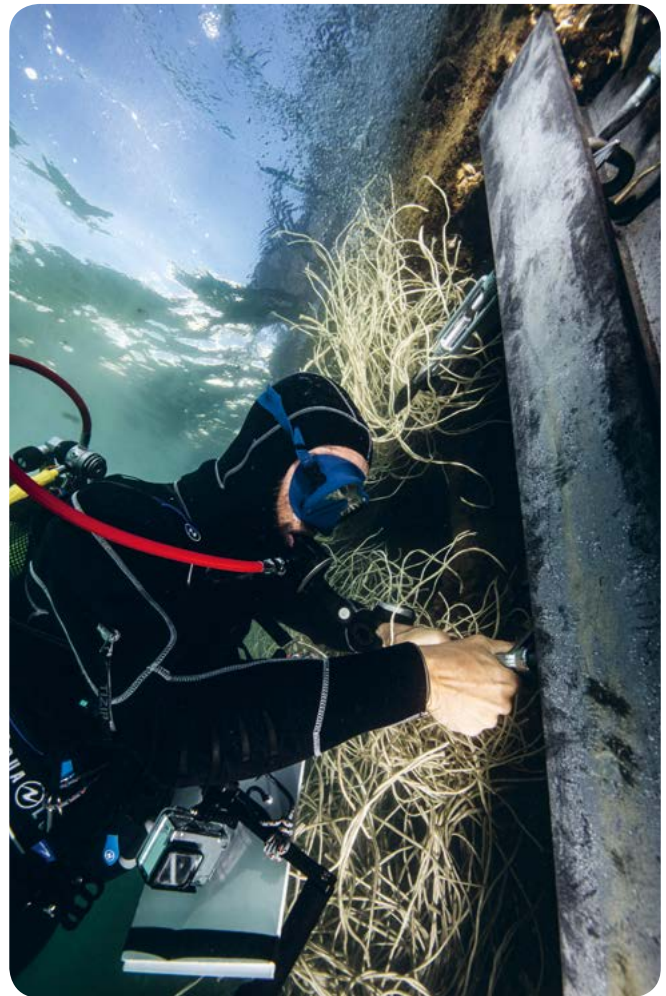
En étudiant la composition, l'abondance et la diversité de cette faune sur différents édifices, les chercheurs ont constaté qu'il existait une « signature » propre à chaque champ, liée à sa profondeur, sa chimie, sa géologie et son évolution propre. Mais les similitudes existant entre certains champs pourtant très éloignés, comme ceux de Lucky Strike et Rainbow, montrent qu'une partie de cette faune est capable de se disperser largement pour coloniser d'autres espaces. Le rôle des courants ou au contraire de certaines barrières biogéographiques a pu être mis en lumière pour expliquer les différences de distribution observées. Les études se poursuivent aujourd'hui, notamment sur le sujet de l'influence des marées sur la faune de ces écosystèmes hydrothermaux profonds.

Sarrazin J., Portail M., Legrand E., Cathalot C., Laes A., Lahaye N., Sarradin P.M., Husson B. 2020. Endogenous versus exogenous factors: What matters for vent mussel communities? *Deep-Sea Research Part I*, <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103260>

COMMENT AIDER LA NATURE À RECONQUÉRIR UN ESPACE MARIN COLONISÉ PAR L'HOMME ?

Souvent dégradés par les aménagements portuaires et urbains, les petits fonds côtiers (entre 0 et 20 mètres de profondeur) sont des espaces essentiels à la croissance de nombreuses espèces de poissons qui migrent ensuite vers leurs habitats d'adulte. Afin de redynamiser les fonctions écologiques de ces habitats, les chercheurs de l'Ifremer ont expérimenté avec leurs partenaires l'implantation de récifs et d'herbiers artificiels dans le port de Toulon. Ces « roselières » reproduisent les habitats des espèces marines locales en mimant les caractéristiques des herbiers de Posidonie méditerranéens. Elles se composent de blocs en béton, conçus et réalisés en impression 3D par la start-up montpelliéraine Seaboost, qui offrent de nombreuses cavités pour abriter les poissons.

Ces récifs ont été installés en plusieurs endroits de la rade de Toulon, faisant de celle-ci un site pilote pour étudier l'impact à grande échelle de ces solutions innovantes de restauration écologique. Un suivi régulier sera assuré à la fois par des biologistes en plongée et par des outils de surveillance à distance (acoustiques, stéréo-caméras, reconnaissance automatique de poissons), une première ! D'autres ports sont d'ores et déjà intéressés par ce système.



DES RÉCIFS ARTIFICIELS POUR RAMENER LA VIE MARINE DANS LES PORTS : UNE EXPÉRIENCE PILOTE DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE EST ENGAGÉE PAR L'IFREMER ET SES PARTENAIRES EN RADE DE TOULON. © Seaboost

Associant des gestionnaires à un institut de recherche et une entreprise privée, cette opération est exemplaire et figure parmi les principaux projets de restauration écologique en Méditerranée. L'Ifremer, à travers son centre de La Seyne-sur-Mer, a travaillé en étroite partenariat avec l'entreprise Seaboost, qui développe de nouveaux concepts pour la reconquête de la biodiversité marine. La mise en œuvre de ces roselières doit également beaucoup au concours de deux acteurs très attachés à la protection de la biodiversité, la métropole Toulon Provence Méditerranée (TPM), en tant qu'autorité portuaire, et la chambre de commerce et d'industrie du Var, son concessionnaire.



LES SCIENTIFIQUES DE L'IFREMER VEILLENT SUR LES TORTUES
MARINES DE L'OCÉAN INDIEN DANS LE CADRE DES PROJETS
NEXT ET IO © Ifremer / Dalleau Mayeul

N'oublions pas toutefois que ce type de restauration écologique dépend très étroitement des conditions environnementales des milieux littoraux, notamment de leur contamination chimique. Si la tendance à ce niveau est à l'amélioration, les efforts, en particulier d'assainissement, doivent impérativement se poursuivre afin de permettre à ces solutions de restauration d'être vraiment efficaces.

SUIVRE LE QUOTIDIEN DES TORTUES MARINES POUR MIEUX LES PROTÉGER

En 2020, l'Ifremer a fait la part belle à la conservation des tortues marines, et plus particulièrement à celle de deux espèces menacées, les tortues vertes *Chelonia mydas* et les tortues imbriquées *Eretmochelys imbricata*. Nos scientifiques ont mis en œuvre des systèmes de suivi sur plusieurs individus afin de mieux comprendre le comportement des tortues dans leur environnement et d'améliorer

en conséquence les mesures de gestion et de protection. Ils sont intervenus dans une partie de l'océan Indien qui constitue l'un des principaux sites mondiaux de reproduction et de ponte.

À la Réunion, dans le cadre du projet NEXT, une équipe scientifique s'est intéressée à la manière dont les jeunes tortues utilisent leur habitat et comment les activités anthropiques modifient leur état de santé. Ils ont mesuré, pesé et réalisé des prélèvements biologiques sur une quarantaine de jeunes individus des deux espèces, recueillant des informations précieuses pour évaluer leur état de stress face aux évolutions de leur environnement : prédation, fréquentation touristique ou encore contamination aux métaux lourds. Huit d'entre elles ont été équipées de systèmes GPS commerciaux afin de suivre leurs déplacements quotidiens et de mieux connaître leurs activités.

Au beau milieu du canal du Mozambique, une autre équipe s'est installée pour cinq semaines sur l'île Europa, la plus grande des îles Éparses des Terres australes et antarctiques françaises. Aucun ravitaillement n'étant possible durant le séjour, les scientifiques ont dû embarquer plus de 820 kg de matériel et de vivres. Ils ont équipé trois tortues juvéniles avec les balises de nouvelle génération, développées dans le cadre du projet IOT (*Indian Ocean sea Turtles*). Ils ont ensuite installé un réseau de stations de réception sur l'île pour collecter et transmettre à l'équipe de recherche les données issues de ces équipements. Plus petit, précis, économique, et développé en open source, ce nouveau système permettra dans un futur proche aux scientifiques, aux gestionnaires des espaces marins et même aux associations de suivre plus d'individus à un moindre coût. Une opération gagnant-gagnant pour la science et les tortues!

L'équipe du projet NEXt est composée de scientifiques de l'Ifremer, du CNRS — Institut pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC) —, de Kélonia et du Centre d'étude et de découverte des tortues marines (CEDTM). Cofinancé par l'Union européenne dans le cadre du PO INTERREG V Océan Indien 2014 - 2020, le projet IOT rassemble également plusieurs partenaires : Ifremer, CNRS, TAAF, OFB, Conseil départemental de Mayotte, SIF.

COMPRENDRE LES INTERACTIONS ENTRE LE CLIMAT ET L'OCÉAN

LES ATOLLS NE SE SONT PAS FORMÉS COMME L'EXPLIQUAIT DARWIN !

En 1842, suite à un voyage en Polynésie et dans l'océan Indien oriental, Charles Darwin expliquait que les atolls étaient la conclusion logique d'édifices volcaniques en affaissement. Encore couramment enseignée et diffusée par l'intermédiaire des musées ou d'internet, cette théorie est aujourd'hui remise en question par les nouvelles connaissances acquises par les chercheurs de l'Ifremer. Les données géologiques tirées de forages et d'études sismiques, associées à une meilleure compréhension de la fluctuation du niveau des mers sur le temps long, racontent une tout autre histoire que l'Ifremer et l'Université américaine de Rice (Houston, Texas) viennent de faire connaître dans une publication.

Ce nouveau paradigme situe la naissance des atolls à 3,2 millions d'années. La planète connaît alors un climat extrêmement stable, une situation qui se prolonge pendant au moins 80 000 ans.

Le niveau de la mer ne variant pas ou peu, des plateformes sédimentaires se forment sur les hauts fonds océaniques.

Lors d'une seconde étape de développement, il y a 2,5 millions d'années, ces plateformes subissent d'importantes transformations sous l'effet de la dégradation du climat et de fluctuations des calottes glaciaires et du niveau de la mer. Tantôt immergées, tantôt émergées, elles subissent des phénomènes d'érosion. Les eaux pluviales provoquent une dissolution de leur calcaire, façonnant un nouveau relief constitué d'une dépression entourée de bordures plus hautes.



ATOLLS DES MALDIVES © Tamas Kauffmann

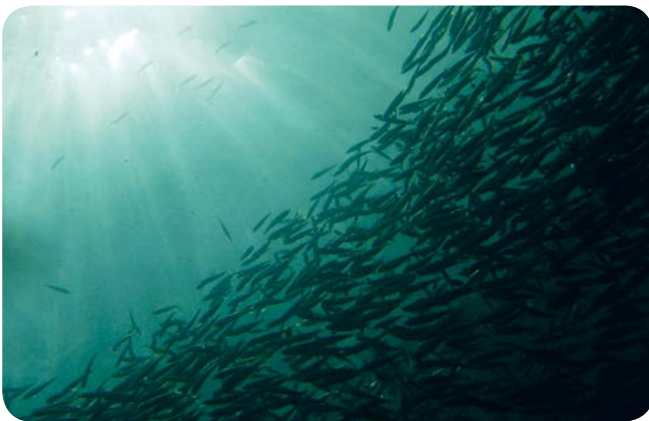
À partir du « Mid Brunhes », il y a environ 400 000 ans, ces atolls en gestation connaissent une nouvelle évolution. Le niveau de la mer se met à varier fréquemment, avec de fortes amplitudes de l'ordre de 125 à 135 m. À chaque période d'immersion, lorsque les conditions environnementales sont propices, les coraux réoccupent les bordures des plateformes et constituent des anneaux autour des lagons profonds, donnant leur configuration aux atolls que nous connaissons.

L'évolution de ces formations se poursuit désormais à l'aune du changement climatique en cours qui pose la question de leur devenir. Certains soutiennent que des eaux plus chaudes, associées à des vitesses rapides de montée du niveau marin, seraient fatales aux atolls; d'autres prétendent qu'ils pourraient s'adapter.

Droxler AW, Jorry SJ. 2021. The origin of modern atolls: Challenging Darwin's deeply ingrained theory. *Annual Review of Marine Science* 13:21.1-21.37. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-034137>. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-marine-122414-034137>

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EST-IL EN CAUSE DANS LE RÉTRÉCISSEMENT DES SARDINES ET DES ANCHOIS ?

Maillons essentiels de la chaîne alimentaire dans l'océan, les sardines et les anchois comptent parmi les poissons les plus pêchés au monde. Leurs populations sont aujourd'hui plutôt abondantes en France métropolitaine, mais pêcheurs et scientifiques constatent depuis 10 ans une forte diminution de la taille et du poids des individus. En moyenne, la taille des sardines méditerranéennes est ainsi passée de 13 à 10 cm, alors que leur poids est divisé par trois. Plusieurs projets menés par l'Ifremer montrent que ce phénomène pourrait être lié au changement climatique.



DES CENTIMÈTRES ET DES GRAMMES EN MOINS :
LES MENSURATIONS DE LA SARDINE ÉVOLUENT
À LA BAISSÉ DEPUIS 10 ANS : UNE CONSÉQUENCE
DU RÉCHAUFFEMENT © Tanaka Juuyoh

Dans le golfe de Gascogne, nos équipes ont pris en considération le réchauffement de l'eau et ont pu observer qu'il n'aurait pas d'impact négatif sur l'abondance des populations d'anchois au moins jusqu'en 2050, mais qu'il pourrait en revanche affecter la croissance des individus. Une eau plus chaude entraînerait en effet une production de plancton plus précoce qui bénéficierait aux anchois plus tôt, dès la sortie de l'hiver. En revanche, ce plancton pourrait s'avérer plus rare et d'une composition différente, affectant ainsi la taille des poissons.

D'autres études ont été menées en Méditerranée afin de comprendre pourquoi les sardines devenaient plus petites et plus maigres. L'analyse du contenu de l'estomac de plusieurs individus a révélé que la taille du plancton ingéré avait diminué depuis 2008.

Or, des expérimentations en captivité ont montré que plus le plancton est petit, plus la sardine dépense de l'énergie pour se nourrir. Les scientifiques ont également mis en évidence que les sardines pêchées étaient beaucoup plus jeunes qu'il y a dix ans. Ceci résulterait d'une mortalité précoce des adultes à la suite de la reproduction. Plus petites et en moins bonne condition physique au moment de se reproduire, elles dépenseraient alors une trop grosse partie de leurs réserves et ne résisteraient pas aux conditions hivernales.

Ces nouvelles connaissances sur les petits poissons pélagiques ont conduit les scientifiques et les professionnels à chercher des solutions afin d'anticiper les répercussions de ces évolutions sur la pêche et la filière aval de transformation et de distribution. Démarré en octobre 2019, le projet Defipel va dans ce sens, en faisant travailler de concert scientifiques (écologues, halieutes, économistes) et acteurs de la filière (pêcheurs, transformateurs, gestionnaires des pêches et de l'espace maritime) sur trois façades maritimes (Manche, Gascogne et Méditerranée).

LES MARÉES INFLUENT LES ÉMISSIONS DE MÉTHANE EN ARCTIQUE

Les hydrates de gaz sont un phénomène naturel fascinant. Ces petites molécules — souvent du méthane — emprisonnées dans des « cages » d'eau à l'état solide peuvent, lorsque les conditions de température ou de pression sont modifiées, migrer vers le stade liquide et gazeux et se disséminer dans l'eau des océans voire dans l'atmosphère. Sachant que le méthane est très inflammable, on comprend mieux l'appellation de « glace qui brûle » fréquemment employée pour les désigner. Notre compréhension de ces phénomènes vient de progresser avec la mise en évidence de l'influence des marées sur l'intensité et la périodicité des émissions de gaz dans l'océan Arctique. Cette découverte, réalisée par une équipe de chercheurs en géosciences marines de l'Ifremer et de l'Université de Tromsø ; a été publiée dans les colonnes de la célèbre revue scientifique *Nature Communications*.

Les hydrates de gaz sont présents dans tous les océans. Derrière leur étude se cachent de nombreux enjeux. Certains voient en eux une ressource énergétique potentielle. D'autres s'inquiètent de la libération de ces gaz qui pourraient provoquer une acidification accrue des océans, avec à la clé des impacts sur la biodiversité et les écosystèmes marins.

Elle pourrait aussi accroître les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le méthane étant à ce titre 25 fois plus nocif que le CO₂ ! À cela, s'ajoute un risque géologique majeur lié à la dégradation des hydrates, car la déformation des sédiments sous-marins peut occasionner des glissements de pente et des tsunamis.

Tous ces enjeux conduisent les scientifiques à opérer une surveillance étroite sur les sites où sont détectés les hydrates de gaz. Les chercheurs de l'Ifremer et leurs partenaires de l'Université arctique de Norvège et du Geological Survey of Norway ont ainsi initié une mission dans la marge ouest du Svalbard, à proximité du cercle arctique, une zone connue pour sa richesse en hydrates de gaz et sa sensibilité au changement climatique.

Développés à l'Ifremer, les piézomètres (outils de mesure de la pression) qui ont été déployés par 1100 m de profondeur dans le sédiment ont fourni de précieuses données attestant d'une corrélation entre le niveau des marées, et l'intensité et la périodicité des dégazages. Les émissions de méthane sont en effet bloquées le temps de la marée haute, mais s'échappent dans la colonne d'eau à marée basse. Des investigations complémentaires vont être poursuivies pour étayer ces premières observations. Si l'hypothèse se confirme, l'élévation du niveau de la mer, conséquence attendue du changement climatique, pourrait partiellement contrebalancer l'effet du réchauffement des océans sur les hydrates de méthane et ralentir le rythme d'émission de gaz.

Publication à retrouver sur le site web de la revue Nature. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-18899-3>



LE SUBMERSIBLE TÉLÉOPÉRÉ VICTOR 6000, TIENS DANS SA PINCE UN MORCEAU D'HYDRATE DE GAZ, CETTE MYSTÉRIEUSE «GLACE» QUI BRÛLE. © Ifremer

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

LE VOLCAN DE MAYOTTE TOUJOURS SOUS SURVEILLANCE

En mai 2019, un nouveau volcan de 800 m de hauteur a été découvert par 3500 m de fond à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Mayotte. Sa présence a permis d'expliquer les tremblements de terre, de fréquence et d'intensité inhabituelles, que connaissait l'île depuis plusieurs mois. Peu après cette découverte, le Réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (Revosima) s'est mis en place pour coordonner les interventions de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), du BRGM, du CNRS, de l'Ifremer, de l'Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS), du Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom) et de l'Université Clermont-Auvergne. En 2020, malgré les difficultés liées à la pandémie, ces campagnes d'observation se sont poursuivies afin d'apporter toutes les informations nécessaires à la protection de la population mahoraise.

Du 4 au 11 mai 2020, une première campagne sur le navire *Gauss* de la société Fugro, a été pilotée à distance par l'Ifremer, l'IPGP, le BRGM et le CNRS afin d'observer l'évolution de l'éruption volcanique sous-marine. Elle a permis d'acquérir des relevés du fond marin et des images de la colonne d'eau sur une surface d'environ 1500 km² — à l'est de l'île de Mayotte. Ces données montrent que la morphologie du volcan n'a pas connu d'évolution majeure depuis le mois d'août 2019, même si le relief de cette « zone volcan » s'est sensiblement modifié au nord-ouest, sur un secteur d'environ 5 km². De nouvelles coulées magmatiques pourraient être responsables de cette évolution, attestant d'une persistance de l'activité volcanique, dont l'étude se poursuit.

Du 6 au 19 mai 2020, une autre campagne essentielle a pu avoir lieu grâce à l'aide de la Marine nationale et de son bâtiment de soutien et d'assistance outre-mer *Champlain*. À son bord, une équipe regroupant des scientifiques de l'Ifremer, de l'IPGP et du CNRS s'est occupée de récupérer, de reconditionner et de redéployer les stations sismologiques sous-marines précédemment déposées pour compléter les mesures du réseau terrestre.

Une mission cruciale, car les batteries de ces appareils allaient bientôt arriver à la limite de leur autonomie. Les données recueillies, qui couvrent une période de plusieurs mois, confirment la diminution de l'activité sismique, tant en fréquence qu'en intensité.

Une troisième campagne a eu lieu en octobre sur le *Marion-Dufresne* afin de réaliser les opérations qui n'avaient pas pu être menées en mai. Les résultats sont en cours d'étude.

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

LA CONTAMINATION DES MILIEUX MARINS PAR LES PESTICIDES

À ce jour, 479 herbicides, insecticides et fongicides sont autorisés en Europe. Ils sont utilisés pour traiter les parcelles agricoles, les espaces verts, les terrains de sport ou encore les infrastructures de transport. Une fois répandues, toutes ces substances peuvent gagner le milieu marin, ultime réceptacle des contaminations terrestres, et impacter les organismes qui y vivent. Pour bien comprendre les mécanismes à l'œuvre et protéger le milieu marin, l'Ifremer travaille sur plusieurs fronts.

Avec l'Institut national de recherche pour l'agriculture (Inrae), il mène une expertise scientifique collective (Esco) concernant les impacts des produits phytosanitaires sur la biodiversité et les écosystèmes. Cette étude vise à dresser un bilan des connaissances disponibles et à identifier les lacunes sur le sujet. Grâce aux moyens actuels de détection, toujours plus performants, les scientifiques savent en effet que les pesticides sont présents dans tous les milieux marins, tant littoraux, à des taux parfois très significatifs, qu'au large, à l'état de trace. Plusieurs études attestent par ailleurs de l'impact de ces produits sur la reproduction, le développement ou encore l'immunité des organismes marins. Toutefois, il reste beaucoup à apprendre sur ces molécules, leur mélange et leurs répercussions en cascade sur les espèces et les milieux.



PEU EXPOSÉ AUX PESTICIDES, L'ÉTANG DE LA PALME (AUDE, OCCITANIE) SOUFFRE NÉANMOINS DES EFFETS DU MÉTOLACHLOR. RÉDUIRE L'UTILISATION DE CETTE SUBSTANCE SUR LES BASSINS VERSANTS D'OCCITANIE PERMETTRAIT DE RÉDUIRE LE RISQUE POUR CES ÉCOSYSTÈMES.

© IFREMER, D. MUNARON. © Ifremer / Dominique Munaron

Dans le même esprit, l'Ifremer a communiqué les résultats d'une étude pilote portant sur l'évaluation des contaminations par pesticides de dix lagunes méditerranéennes. Ces espaces confinés sont en effet très sensibles à ce type de pollution. Durant trois périodes de l'année, 72 substances ont ainsi été traquées par des échantillonneurs passifs capables de détecter les composés présents dans l'eau, même à très faible dose. L'un des résultats majeurs de ce travail est d'avoir réussi, pour la première fois, à évaluer le risque lié au cumul de pesticides, en définissant un indicateur spécifique pour le mesurer. Bien que perfectible, il a permis de préciser et comparer le risque « pesticides » en fonction des lagunes, des groupes d'espèces, et des périodes ou années de suivi. Les nouvelles données obtenues mettent en lumière l'urgence de prendre en compte ces cocktails de pesticides et leurs effets sur les milieux naturels.

FAIRE CONNAÎTRE LE BILAN DE SANTÉ DU MILIEU MARIN CÔTIER

Le 9 juillet 2020, l'Ifremer a inauguré un nouveau rendez-vous avec les médias afin de présenter le bilan de sa surveillance du littoral. Organisé à Nantes, en lien avec l'agence de l'eau Loire-Bretagne, en présentiel et retransmise en live, elle a connu un vif succès avec plus de 120 retombées dans la presse et près de 20 000 contacts sur les réseaux sociaux. Au programme, des explications sur la nature de cette surveillance et une présentation des évolutions observées depuis plusieurs années. Prudents, les scientifiques pointent des phénomènes de résilience assez encourageants, mais soulignent dans le même temps les éléments sur lesquels il convient de rester vigilant.

Depuis plus de 30 ans, l'Ifremer surveille la qualité du milieu marin français. De ces observations, les chercheurs tirent des clés de compréhension qui éclairent ensuite les décisions publiques et participent à une amélioration de la situation. Les évolutions mises en lumière par ce travail sont relativement positives. D'une manière générale, la contamination chimique des milieux observés a baissé en dessous des seuils réglementaires. Les phénomènes de prolifération des microalgues et d'eutrophisation (dégradation du milieu aquatique) diminuent également, au même titre que les contaminations microbiologiques.

Toutefois, il existe encore des zones (estuaires, alentours des métropoles et des grandes stations d'épuration, espaces naturels confinés) où la situation reste préoccupante. Autant de raisons qui justifient la poursuite des efforts, notamment d'épuration.

Cette conférence a permis de mettre en avant quelques exemples emblématiques, comme le long processus de régénération de l'étang de Thau. Exploitant plusieurs décennies de données, des chercheurs de l'Ifremer et de l'Université de Montpellier (UMR Marbec) ont montré que 30 ans avaient été nécessaires, après la mise en service des premières stations d'épuration, pour que les eaux de la lagune de Thau retrouvent un bon état écologique.

Plusieurs initiatives innovantes ont également été présentées au public. Grâce au déploiement d'instruments de haute technologie dans le cadre du projet Veille-Pop, l'Ifremer a élargi sa surveillance des polluants organiques persistants. Le projet de sciences participatives Phenomer invite, quant à lui, les citoyens à alerter les scientifiques sur les phénomènes d'eaux colorées qu'ils pourraient repérer en Bretagne et en Loire-Atlantique. D'autres projets de recherche sont portés par le concept « One Health » qui encourage à évaluer les virus fréquents ou émergents rejetés dans l'environnement littoral.

Le bel accueil réservé à cette conférence de presse incite l'Ifremer à inscrire l'événement dans la durée en le faisant évoluer



PRÉLÈVEMENTS AU LARGE DE LA LOIRE DANS LE CADRE DE LA MISE EN PLACE D'UNE STATION D'OBSERVATION POUR LE REPHY QUI SERVIRA AU COMPTAGE DU PHYTOPLANCTON ET À MESURER LES PARAMÈTRES GÉNÉRAUX DE LA COLONNE D'EAU (TEMPÉRATURE, SALINITÉ, OXYGÈNE DISSOUS ET TURBIDITÉ). © Ifremer

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

THON ROUGE : LA MARQUE D'UN GRAND VOYAGEUR !

Le thon rouge est un amateur de voyages au long cours, mais ses pérégrinations océanes restent par beaucoup d'aspects méconnues des scientifiques. L'Ifremer et ses partenaires procèdent donc depuis deux ans à une campagne de marquage afin de découvrir les clés de leur comportement migratoire et les conditions environnementales qui jalonnent leur périple. Ces nouvelles connaissances enrichissent notamment la réflexion de la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (ICCAT).

Espèce emblématique de l'Atlantique et de la Méditerranée, le thon rouge, qui peut peser plus de 600 kg et vivre une quarantaine d'années, est un nageur infatigable. Ses migrations incessantes répondent à deux besoins essentiels : se nourrir et se reproduire. À la différence d'autres espèces de thon, tropicales ou subtropicales, le thon rouge brave aussi bien les eaux froides où il se nourrit que les eaux chaudes où il se reproduit.



LE THON EST UN NAGEUR INFATIGABLE.
© Tom Puchner

C'est dans l'une de ces zones de reproduction, au sud de Malte, que l'Ifremer est intervenu en profitant d'une campagne de pêche pour capturer des thons et les équiper d'une marque électronique. Ce marquage réalisé à bord d'un navire de pêche constitue un véritable défi logistique, car pour limiter leur stress, il faut, en un temps très réduit, remonter à bord des thons pesant plus de 200 kg, placer la marque électronique à un endroit précis de leur

dos et les rendre à la mer. La campagne 2019 a livré des données instructives. Sur les cinq individus marqués, trois balises ont tenu plus de 10 mois et attestent du caractère mobile du thon. L'un des spécimens a même fait une double transatlantique avant d'amorcer son retour en Méditerranée !

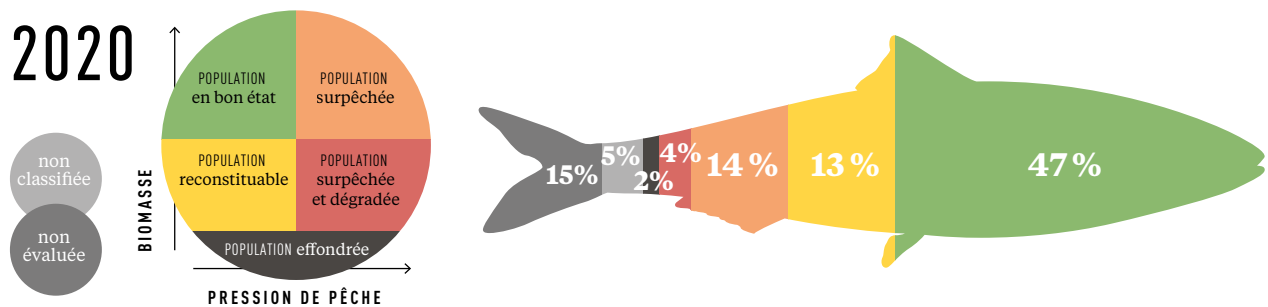
La qualité des informations recueillies dépend très étroitement des progrès réalisés en matière de marques électroniques. Dans le cadre des programmes de recherche Popstar et FishNchip, les chercheurs de l'Ifremer s'emploient donc à mettre au point des traceurs plus « intelligents » qui permettront non seulement de calculer la trajectoire, grâce à des modèles océanographiques basés sur des paramètres comme la température, la lumière ou la pression, mais aussi de fournir des mesures sur la physiologie du poisson, synchronisées avec sa localisation. Une première !

Sont engagés dans opération : l'Ifremer (unités RDT, DOI, Marbec), le laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (LIRMM), la Sathoan (organisation de producteurs de thoniers) et le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (Feamp).

PRÈS DE LA MOITIÉ DE LA BIOMASSE DE POISSONS PÊCHÉS EN FRANCE PROVIENT DE POPULATIONS EXPLOITÉES DURABLEMENT

Chaque année, l'Ifremer participe activement à l'évaluation des populations halieutiques françaises et opère pour cela le Système d'information halieutique (SIH) qui regroupe l'ensemble des données nationales sur le sujet. Le bilan des informations recueillies en 2019 et analysées cette année se révèle plutôt positif. Il montre que l'état écologique populations de poissons pêchés en France s'améliore sensiblement. En 2020, 49 % de la biomasse pêchée proviennent de populations en « bon état », c'est à dire pour lesquelles un équilibre durable s'est instauré entre la reproduction de la population et le prélèvement effectué par la pêche.

Des résultats encourageants si l'on considère que ce taux n'excédait par 15 % il y a 20 ans. Néanmoins, il faut constater que l'objectif de 100 % de populations en bon état en 2020 visé par les réglementations européennes reste encore hors d'atteinte.



ÉTAT DES POPULATIONS DE POISSONS EXPLOITÉES EN FRANCE MÉTROPOLITAINE EN 2020 (PART DES DÉBARQUEMENTS EN VOLUME). © Jérémy Barrault / Ifremer

La science a largement contribué à cette évolution favorable des populations. La progression des connaissances en biologie et en écologie a permis d'éclairer les gestionnaires et d'appuyer leurs décisions. En vingt ans, les chercheurs de l'Ifremer ont étendu le périmètre des évaluations halieutiques en prenant en compte deux fois plus d'espèces de poissons et en réduisant la part des populations non classifiées. Désormais, il est possible de prévoir l'évolution des principales populations exploitées en fonction de différents scénarios de gestion et surtout de déterminer les niveaux de prélèvements compatibles avec l'objectif de développement durable. Nos scientifiques poursuivent actuellement leurs efforts en exploitant par exemple la génétique pour mettre au point de nouvelles méthodes de comptage des poissons.

Ces informations sur les populations halieutiques sont cruciales pour orienter les politiques de pêche, établir des quotas qui correspondent vraiment aux ressources disponibles et généraliser l'adoption d'outils de pêche plus sélectifs. Dans les années 1990 et 2000, les alertes émises par les scientifiques ont permis aux autorités d'enrayer la surexploitation du thon rouge en Méditerranée ou encore l'effondrement du merlu dans le golfe de Gascogne et en mer Celtique. Deux espèces dont les populations sont aujourd'hui respectivement évaluées comme en « reconstitution » et en « bon état », au plus grand bénéfice du secteur de la pêche.

Certes, le diagnostic 2019 montre que de nombreux progrès restent à faire. L'état écologique de plusieurs espèces est inquiétant, comme celui du cabillaud et du merlan en mer du Nord et en mer Celtique. La situation est aussi globalement assez préoccupante en Méditerranée.

MÉDIATION SCIENTIFIQUE AUTOUR DE LA PÊCHE DURABLE

À travers son nouveau projet de médiation scientifique « Débattre sans se battre », l'Ifremer veut aider à former les jeunes générations à l'esprit critique. Dans un environnement où l'information est foisonnante, se diffuse instantanément au plus grand nombre, trop souvent sans vérification sérieuse, il devient de plus en plus important d'aiguiser le jugement des futurs citoyens. L'Ifremer a donc conçu, avec son partenaire Les Petits Débrouillards (réseau associatif d'éducation populaire à la culture scientifique), un parcours éducatif destiné aux lycéens, en retenant le thème de la durabilité de la pêche pour sa première édition.

Ce parcours vise deux objectifs principaux : faciliter la prise de parole des jeunes en public sur des sujets de société et leur apprendre à déjouer les pièges des fausses informations en s'inspirant de la démarche d'investigation scientifique. Il comporte des sessions centrées sur les techniques de débat et d'autres sur le décryptage des médias pour repérer les sources d'information fiables. Des visites de laboratoires et des échanges avec les chercheurs de l'Ifremer sont aussi programmés pour comprendre le long chemin qu'il faut parcourir entre la formulation d'une hypothèse et sa validation scientifique. Le point d'orgue du projet est un débat grandeur nature organisé entre élèves où chaque participant est appelé à faire preuve d'éloquence pour défendre un point de vue de façon argumentée.



ÉCHANGES PRIVILÉGIÉS ENTRE ÉLÈVES ET SCIENTIFIQUES DANS LE CADRE DU NOUVEAU PROJET DE MÉDIATION SCIENTIFIQUE « DÉBATTRE SANS SE BATTRE ». OBJECTIF : AIGUISER L'ESPRIT CRITIQUE DES JEUNES GÉNÉRATIONS À LA LUMIÈRE DU RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE. © Ifremer / Jade Burdallet

Pour cette première édition, l'Ifremer a mis à la disposition des classes un dossier pédagogique « clés en main » sur la question de la durabilité de la pêche. Des témoignages scientifiques éclairent certaines questions controversées et souvent mises en lumière sur la scène médiatique : est-ce qu'il y aura encore des poissons dans la mer en 2050 ? Comment limiter les impacts de la pêche sur les écosystèmes ? Les labels actuels sont-ils satisfaisants ? Autant de sujets dont les lycéens se sont saisis pour formuler leur questionnement et alimenter leur propre débat sur la pêche durable.

FISH AND CLICK, UNE PLATEFORME POUR QUE TOUT UN CHACUN CONTRIBUE À SIGNALER DES DÉCHETS DE PÊCHE

Réduire la quantité de plastique dans les océans est un enjeu auquel l'Ifremer apporte toute son attention. Ses chercheurs travaillent notamment sur la problématique des déchets de pêche qui constituent l'une des sources notables de cette pollution.

En 2018, les engins de pêche abandonnés (filets, casiers) représentaient en effet 27 % des déchets plastiques retrouvés sur les plages. Également très présents en mer, ils finissent par se dégrader en microplastiques sous le double effet des vagues et des UV. Autre problème, ces engins de pêche, même s'ils sont abandonnés, continuent de piéger les animaux marins, provoquant ce que l'on nomme la pêche fantôme.

Dans le cadre du projet européen Indigo, centré sur le développement d'engins de pêche biodégradables, l'Ifremer a décidé de dresser une cartographie de ces déchets en faisant appel au civisme de tous, pêcheurs (amateurs ou professionnels), promeneurs, baigneurs... Pour cela, les chercheurs ont mis au point l'application Fish and Click, téléchargeable sur smartphone, qui permet à chacun de signaler les déchets rencontrés.



AVEC L'APPLICATION PARTICIPATIVE FISH AND CLICK,
SIGNALER LES DÉCHETS DE PÊCHE À LA DÉRIVE POUR AGIR
CONTRE LA POLLUTION PLASTIQUE DES OCÉANS © Ifremer / Geraldine Guillevic

Le principe est simple. Il suffit de se connecter à la plateforme et de renseigner le lieu, la date et la catégorie de matériel retrouvé, en joignant la photo correspondante. Bien entendu, les citoyens sont ensuite invités à récupérer le déchet pour le déposer dans une poubelle ou un bac à marée.

Les données ainsi récoltées permettront de cartographier ces déchets de pêche et de dresser un premier état des lieux pour la Bretagne et la Normandie. À terme, ces informations aideront à mesurer l'évolution de cette pollution et à vérifier si l'utilisation d'engins biodégradables permet effectivement de la réduire.

Le projet Interreg Indigo est piloté par l'Université de Bretagne Sud, il implique de part et d'autre de la Manche : l'Ifremer, les universités de Plymouth et de Portsmouth, le Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), le Synergie Mer et Littoral (Smel) ainsi que quatre partenaires privés : NaturePlast, Filt, Irma et Marine South East.

SÉCURISER LA QUALITÉ SANITAIRE DES PRODUITS DE LA MER

VERS UN SYSTÈME D'IMAGERIE IN SITU POUR DÉTECTER LES BIOTOXINES MARINES

Les efflorescences algales nuisibles, encore appelées HABs (*Harmful Algal Blooms*), sont des phénomènes sporadiques naturels, qui peuvent entraîner des effets majeurs sur l'environnement, la santé humaine et les activités économiques dépendant de la qualité de l'eau. Ce phénomène est causé par une croissance excessive de microalgues, dont certaines produisent des toxines, qui peuvent s'accumuler et se concentrer notamment dans les coquillages les rendant ainsi impropres à la consommation. Parmi les efflorescences toxiques, celles des diatomées du genre *Pseudo-nitzschia* synthétisant une neurotoxine connue sous le nom d'acide domoïque (AD), sont de plus en plus préoccupantes car leur fréquence et leur

intensité ont augmenté ces dernières années sur nos côtes. Toutefois, malgré les enjeux associés à ces HABs il n'existe pas sur le marché de capteur automatisé permettant de détecter l'AD dissous dans l'eau de mer. Depuis plusieurs années, les chercheurs travaillent à la mise au point d'un tel appareil en exploitant la technologie optique de résonance plasmonique de surface (SPR pour *Surface Plasmon Resonance*). Celle-ci offre la possibilité de détecter en temps réel et sans aucun marquage préalable diverses molécules à de très faibles concentrations. Dans un premier temps, l'Ifremer a élaboré et testé sur le terrain un premier prototype qui s'est avéré prometteur. Se remettant à l'ouvrage, les chercheurs ont mis au point un nouveau biocapteur amélioré permettant l'acquisition d'images SPR automatisées (SPRi), répondant ainsi aux exigences de sensibilité, de compacité et de rentabilité.



LE NOUVEAU CAPTEUR SPRi DÉVELOPPÉ PAR L'IFREMER EST CONÇU POUR DÉTECTER LES BIOTOXINES COMME L'ACIDE DOMOÏQUE DANS LA MER © Ifremer

Ce nouveau capteur ouvre également la voie à la mise en place d'analyse multiplexée (plusieurs cibles en simultanée). D'abord étudiées en laboratoire, ses performances viennent d'être testées avec succès en mésocosme (milieu aquatique fermé reproduisant les conditions du milieu naturel), marquant ainsi une avancée notable dans la mise en œuvre d'une détection *in situ* de biotoxines marines (projet européen Jerico-Next). Ce prototype est actuellement décliné pour d'autres applications comme la détection *in situ* d'ions métalliques en milieu profond (projet ANR-18-CE04-0010, Surimi).

Prado Enora, Colas Florent, Laurent Sebastien, Tardivel Morgan, Evrard Justine, Forest Bertrand, Bocher Alan, Rouxel Justin (2020). Toward a SPR imaging in situ system to detect marine biotoxin. *Proceedings Volume 11361, Biophotonics in Point-of-Care*; 113610J (2020)

PORTRAIT D'AURÉLIE BOISNOIR, LAURÉATE DU PRIX JEUNES TALENTS FRANCE 2020 L'ORÉAL-UNESCO POUR LES FEMMES ET LA SCIENCE



AURELIE BOISNOIR © FONDATION L'ORÉAL

Chercheuse en postdoctorat à la station Ifremer des Antilles en Martinique, Aurélie Boisnoir travaille sur les microalgues dinoflagellés benthiques toxiques et s'est vue attribuer en 2020 la « Bourse L'Oréal-UNESCO, Jeunes Talents France, Pour les Femmes et la Science ». Cette distinction prestigieuse n'a été accordée cette année qu'à 35 jeunes scientifiques parmi près de 700 candidatures. L'occasion de mettre en lumière le parcours, les travaux et les ambitions d'une jeune scientifique.

COMMENT VOUS ÊTES-VOUS ORIENTÉE VERS CE MÉTIER DE CHERCHEUR EN BIOLOGIE MARINE ?

J'ai d'abord fait une licence « Environnement et Sciences de la Terre » en Guadeloupe. Puis je suis partie faire un master à l'Université Pierre et Marie Curie à Paris. C'est à ce moment que j'ai choisi la biologie marine et l'océanographie comme spécialités. C'est aussi au cours de ce master que j'ai été initiée à la problématique des microalgues toxiques.

Quant à mon attirance pour la recherche académique, elle s'est affirmée progressivement. Je ne crois pas que ce soit quelque chose que l'on puisse planifier. Les stages en laboratoire m'ont beaucoup plu dès la licence. J'ai été encadrée par des personnes très intéressantes. Puis j'ai trouvé un sujet qui m'a passionné, dans lequel j'avais envie de m'investir en réalisant un doctorat.

QU'EST-CE QUI VOUS A CAPTIVÉE DANS CE SUJET DES MICROALGUES TOXIQUES ?

Lors de mon master, un maître de conférences m'a proposé un stage sur les dinoflagellés benthiques toxiques, car il y avait une étude à mener dans les Antilles françaises et que je connaissais la Martinique et la Guadeloupe. Le stage portait sur la répartition des microalgues impliquées dans des intoxications alimentaires comme celle de la ciguatera qui est répandue, notamment dans les Caraïbes, et qui peut entraîner de nombreux symptômes comme des troubles digestifs, neurologiques et cardiovasculaires. Jusque-là essentiellement cantonnées aux régions tropicales, ces algues s'étendent maintenant aux régions tempérées. Cela a immédiatement fait sens pour moi. C'était une problématique de biologie marine qui nécessitait de s'intéresser à plusieurs disciplines scientifiques et qui avait des répercussions à la fois sanitaires et économiques. Cette dimension transdisciplinaire et les enjeux associés m'ont vraiment attirée. Je me suis dit que je pouvais y apporter ma contribution. Ensuite, il y a eu des rencontres déterminantes avec Gwenaël Bilien, Nicolas Chomérat et Jean Pierre Allenou, qui m'ont permis de réaliser ce postdoctorat à l'Ifremer après une expérience aux États-Unis.

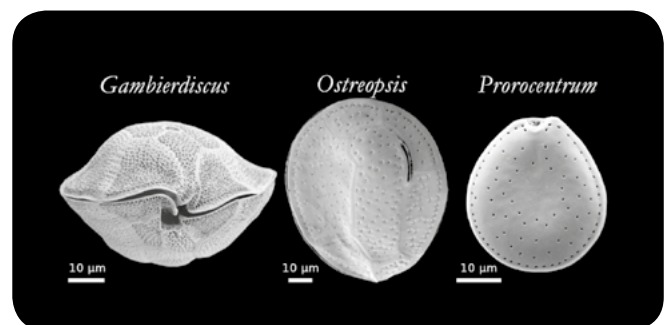
EN QUOI CONSISTENT VOS TRAVAUX DE RECHERCHE ACTUELLEMENT ?

Concrètement, l'objectif est de caractériser génétiquement les différentes espèces de dinoflagellés benthiques qui sont présentes dans les Antilles françaises et de quantifier leurs toxicités respectives. Jusque-là, cette identification avait essentiellement reposé sur l'observation de traits morphologiques, mais nous nous sommes rendu compte que ces critères n'étaient pas suffisamment fiables pour discriminer les espèces entre elles. C'est pourquoi nous utilisons aujourd'hui des outils génétiques. Nous avons déjà distingué plusieurs espèces appartenant aux genres *Gambierdiscus* et *Fukuyoa*, et d'autres aux genres *Ostreopsis* et *Prorocentrum* que nous cherchons à identifier. Cette diversité pourrait contribuer au tableau clinique de la ciguatera et expliquer la variété des symptômes observés chez les personnes intoxiquées après avoir consommé des produits de la mer contaminés par ces algues toxiques. En Martinique, les médecins ont recensé 175 symptômes différents ! Nous travaillons en étroite collaboration avec le CHU de la Martinique sur cette dimension relative à la santé publique.

VOUS AVEZ MIS EN AVANT CE TRAVAIL DE RECHERCHE POUR POSTULER AU PRIX L'ORÉAL-UNESCO ?

Oui. Pour postuler, il faut construire un dossier présentant ses recherches en cours, mais aussi ses projets futurs, ceux que le prix permettra de financer si jamais la candidature est retenue. J'ai donc expliqué mes travaux actuels sur les dinoflagellés benthiques toxiques et présenté mon projet de lauréate qui consiste à reprendre et à approfondir les travaux de Maria A. Faust. C'est une chercheuse qui a beaucoup œuvré dans la taxonomie des microalgues toxiques, mais en travaillant sur des critères morphologiques. L'idée est de mener de nouvelles investigations et de complètement réinterpréter ses résultats à la lumière des outils génétiques désormais disponibles. Ce prix est une grande fierté pour moi, mais aussi pour toutes les personnes de l'Ifremer qui m'ont poussé à postuler, comme l'équipe de la station de Concarneau et celle de Martinique. Sans leurs encouragements, je ne me serais probablement pas lancée.

Les dinoflagellés benthiques sont des algues microscopiques qui ont besoin d'un support (coraux morts, macroalgues, phanérogames marines, débris plastique) pour se développer. En forte concentration ces microalgues peuvent se détacher de leurs supports et se retrouver dans la colonne d'eau. La dégradation des écosystèmes, l'augmentation de la température de l'eau et l'eutrophisation des côtes sont autant de paramètres favorisant l'apparition des efflorescences des dinoflagellés benthiques. Certaines espèces synthétisent des toxines qui se bioaccumulent dans les organismes marins. Puisque les toxines synthétisées sont résistantes à la température (elles ne sont pas dégradées par la congélation, la lyophilisation, la cuisson à haute température, le fumage), elles exposent la population humaine à un potentiel risque sanitaire.



MICROALGUES ÉTUDIÉES PAR AURELIE BOISNOIR
© Ifremer

ÉVALUER LES ENJEUX DE L'EXPLOITATION DES RESSOURCES MINÉRALES

Les études prospectives concernant la transition énergétique mettent toutes l'accent sur l'énorme quantité de métaux qu'il va être nécessaire de mobiliser pour construire un avenir décarboné. Éoliennes, centrales photovoltaïques, mobilité électrique sont fortement consommatrices de bauxite, de cobalt, de cuivre, de manganèse, etc. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'actuel regain d'intérêt des nations pour les ressources minérales des grands fonds marins et que se déploie la mission de veille assurée par l'Ifremer auprès du ministère français de l'écologie.

Situés au milieu de l'Atlantique et du Pacifique à plus de 3000 m de profondeur, les grands fonds abritent deux types de ressources minérales qui attirent les convoitises : les sulfures déposés par les sources hydrothermales et les nodules polymétalliques (riches en manganèse, cuivre, nickel et cobalt) que l'on trouve à la surface des plaines abyssales. En charge de ces espaces, l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) a réparti entre une quinzaine de pays, dont la France, différentes zones à explorer. Un effort qui se traduit par une intense activité de campagnes et d'études scientifiques, de développements technologiques et de réflexions visant à élaborer les cadres juridiques d'une éventuelle exploitation de ces ressources.

Acteur de premier plan des campagnes d'exploration françaises, comme des études et développements associés, l'Ifremer effectue un suivi rigoureux de cette activité internationale. Par son travail de veille et d'analyse, il tient le ministère informé de toutes les évolutions sur le sujet. Ce suivi permet de dresser un certain nombre de constats.

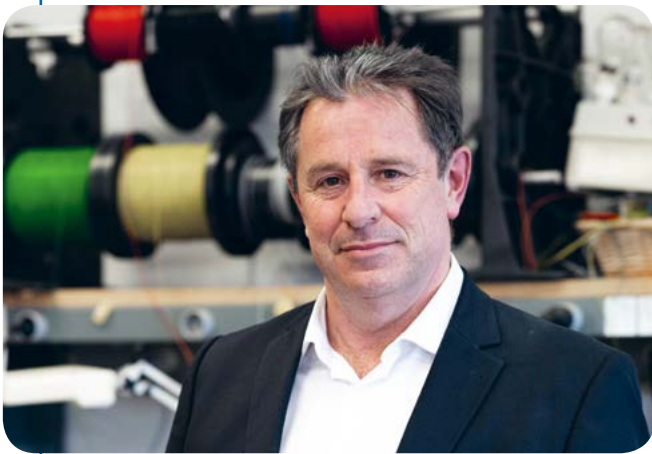
Si plusieurs avancées ont ainsi été réalisées en matière d'équipements de grands fonds, les technologies d'exploitation manquent encore de maturité. De même, il reste beaucoup d'incertitude quant à la rentabilité de leur utilisation. Il est tout aussi difficile d'évaluer avec précision les impacts que pourrait avoir une extraction minière sur les écosystèmes profonds. La dynamique des processus biologiques en milieu abyssal est fortement ralentie à la fois par des températures très faibles (proche de 0 °C) et des flux d'énergie limités. La résilience des espèces abyssales aux perturbations est donc a priori très faible. Des études réalisées par l'Ifremer en 2020 sur des espèces de crevettes hydrothermales et de vers abyssaux confortent la grande sensibilité de ces milieux. Il s'agit d'un aspect auquel l'Ifremer apporte une vive attention, car il souhaite porter une approche durable de l'exploitation des ressources minérales, respectueuse des écosystèmes.



SULFURE DE ZINC, DE CUIVRE ET OR TAPISSENT
CETTE CHEMINÉE HYDROTHERMALE SITUÉE
DANS LE BASSIN DE LAU (SUD OUEST
PACIFIQUE - ÎLES TONGA) © Ifremer

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

INTERVIEW DE JEAN-MARC DANIEL, SUR LA CRÉATION DU PREMIER INSTITUT CARNOT DÉDIÉ À L'Océan : MERS (MARINE ENGINEERING RESEARCH FOR SUSTAINABLE, SAFE AND SMART SEAS)



JEAN-MARC DANIEL, RESPONSABLE DU DÉPARTEMENT RESSOURCES PHYSIQUES ET ÉCOSYSTÈMES DE FOND DE MER (REM)
© IFREMER / AMBRE BODÉNÈS

Les instituts Carnot sont des structures de recherche publique, labélisées par le ministère de la Recherche, qui sont vouées au développement de la recherche partenariale avec des entreprises et des acteurs socio-économiques.

QUELS SONT LES OBJECTIFS FONDAMENTAUX DE L'INSTITUT CARNOT MERS POUR L'IFREMER ?

En premier lieu, cette labellisation est une marque de reconnaissance des capacités de l'Ifremer à travailler avec des entreprises de différentes natures et envergures. Ce positionnement est très important, car le développement de partenariats avec les acteurs économiques s'inscrit dans la stratégie générale de l'Institut. de l'institut Carnot MERS doit ainsi favoriser les interactions entre chercheurs et entreprises sur son périmètre thématique, mais aussi à l'échelle de tout l'Ifremer. Toutefois, nous ne souhaitons pas promouvoir n'importe quel type d'ingénierie marine. Le Carnot MERS s'attache donc à faciliter la transition des entreprises vers une meilleure prise en compte des impacts de leurs activités sur le milieu marin.

C'est son originalité fondamentale. Il veille à associer la santé des écosystèmes au déploiement de l'industrie en mer.

COMBIEN DE PARTENAIRES ET D'ÉQUIPES DE RECHERCHE REGROUPE CETTE STRUCTURE ?

Ce Carnot embarque l'Ifremer, l'École centrale de Nantes, le CNRS et les universités de Nantes, de Bretagne Sud et de Bretagne occidentale. Pour le construire, nous nous sommes appuyés sur des collaborations préexistantes entre l'Ifremer et l'École centrale de Nantes. Nous avons déjà mis à profit notre complémentarité sur des sujets d'ingénierie durable. MERS nous permet aujourd'hui de poursuivre dans cette voie en mobilisant de nouvelles équipes : 13 unités et laboratoires se retrouvent ainsi au sein de cette structure afin de promouvoir des activités maritimes durables et respectueuses de l'océan. Nous pouvons de cette manière proposer une gamme étendue de compétences en géologie, géophysique et géochimie, en biologie et écologie, en océanographie physique et hydrodynamique, en ingénierie des structures en mer, en modélisation numérique...

À QUELS ENTREPRISES ET SECTEURS INDUSTRIELS S'ADRESSE MERS ?

Le Carnot vise un large panel de marchés : industrie navale, offshore, énergies marines renouvelables, pêche et aquaculture, industrie nautique. À travers cette structure, nous sommes capables d'accompagner les industriels sur presque tous les segments d'un projet, du développement de concept et du design de prototype, aux expérimentations en bassin et en mer. Cela nous permet d'avoir des interactions avec des entreprises de toutes les tailles, des start-ups aux multinationales. Il est très important pour nous de pouvoir aider les petites entreprises à progresser sur ces sujets, car elles n'ont pas toujours les moyens de le faire seules.

QUELS SONT LES PROJETS EN COURS ET À VENIR ?

Actuellement, le Carnot MERS est très sollicité sur des sujets concernant le développement technologique et l'empreinte environnementale des énergies marines renouvelables. Il y a aussi des projets concernant l'optimisation de la consommation énergétique des navires qui sont suivis par l'École centrale de Nantes. À l'Ifremer, nous accompagnons Equinor, une société norvégienne, qui souhaite comprendre les impacts que ses projets d'exploitation minière sous-marine

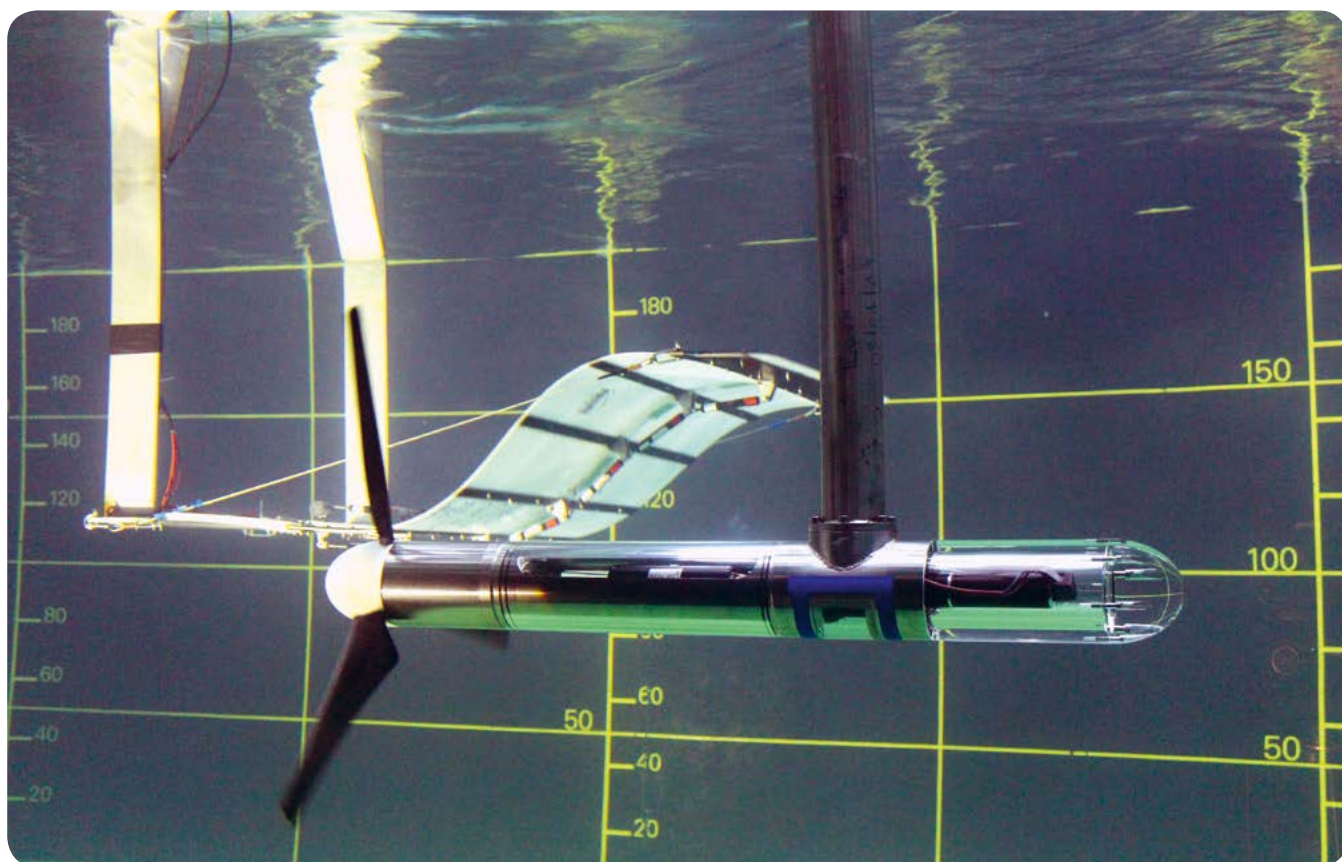
pourraient avoir sur certains écosystèmes. Nous collaborons également avec Total sur un projet de bouées destiné à analyser l'état écologique des couches superficielles des océans. Installé à proximité de leurs plateformes, ce système permettrait de faire des mesures environnementales avant et pendant l'exploitation. Ce monitoring environnemental est un sujet que nous voulons particulièrement développer, car il est essentiel pour protéger l'océan.

<https://www.instituts-carnot.eu/recherche-partenaire-def>



SOUTENIR ET ACCÉLÉRER LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET LE DÉPLOIEMENT DES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR)

Au regard de la transition énergétique en cours, les énergies marines renouvelables (EMR), encore assez peu exploitées, constituent une voie de développement à fort potentiel. Il reste cependant à lever certains verrous scientifiques et technologiques, mais aussi économiques et sociétaux, pour assurer leur déploiement dans de bonnes conditions. Faciliter l'essor de cette filière à l'échelle européenne est précisément l'objectif que s'est fixé Marinerg-i. Cette infrastructure de recherche distribuée, dont l'Ifremer est un membre actif, se propose de mettre en place un réseau d'expertises et d'infrastructures expérimentales au service du développement des EMR. Les secteurs de l'éolien offshore, de l'hydrolien, du houlomoteur sont particulièrement concernés.



L'INFRASTRUCTURE DE RECHERCHE EUROPÉENNE MARINERG-I - DONT L'IFREMER EST MEMBRE SOUTIEN L'ESSOR DES ÉNERGIES MARINES RENOUVELABLES © Ifremer / Grégory Germain

Marinerg-i s'appuie sur le succès des projets européens MaRINET (FP7) et MaRINET2 (H2020) qui ont permis de créer une communauté scientifique ayant un large socle de connaissances et de compétences dans les multiples disciplines intéressant les EMR : hydrodynamique, aéro-dynamique, interactions fluide-structure, sciences des matériaux, génie électrique et électrotechnique, architecture navale, développement de capteurs, océanographie, sciences sociales et environnementales. Ces deux projets sont également à l'origine de la genèse d'un réseau d'installations expérimentales dont Marinerg-i bénéficie aujourd'hui. En France, l'infrastructure de recherche THEOREM, créée pour coordonner les moyens d'essais en hydrodynamique et en mécanique de l'Ifremer, de l'École centrale de Nantes et de l'Université Gustave Eiffel, est ainsi sollicitée.

Marinerg-i s'est fixée plusieurs missions d'ordre organisationnel comme la rationalisation de certaines pratiques et l'établissement de normes communes de qualité et de performance. Elle doit aussi intervenir en tant qu'expert aux côtés des autorités nationales et européennes sur les questions d'EMR. Marinerg-i s'est également dotée d'un programme scientifique qui croise les demandes des utilisateurs (industriels et académiques), les expertises de ses membres et les recommandations issues des programmes européens. Quatre axes principaux ont été retenus : la caractérisation de la ressource et des conditions de mer, l'accroissement des performances des procédés d'extraction d'énergie, les matériaux et infrastructures associées, l'amélioration des capacités d'essais. À terme, cette infrastructure, encore en phase de déploiement, devrait accueillir une douzaine de pays de l'UE : Irlande (coordinateur), France, Espagne, Portugal, Belgique, Royaume-Uni, Italie, Norvège, Pays-Bas, Suède, Danemark, Allemagne.

Pour les chercheurs de l'ESPCI, il s'agissait à l'origine d'étudier la propagation des ondes de la houle sous la banquise. C'est lors d'une expérimentation en aquarium qu'ils ont découvert que leur dispositif expérimental pouvait, selon le matériau et la forme utilisés, rediriger l'énergie de la houle ou au contraire la concentrer. Bien conscients des applications potentielles, pour focaliser la houle sur des systèmes de production d'énergie ou inversement la détourner d'installations maritimes, ils ont déposé un brevet, fait appel à la SATT Lutec (Paris), et noué un partenariat avec l'Ifremer pour valoriser cette découverte.

Des essais à plus grande échelle ont ainsi pu être menés dans le bassin de Plouzané sur un nouveau prototype de structure flottante. Mesurant plus de 16 m de long sur presque 5 m de large, il se compose de plaques élastiques en matériaux composites dont la conception et les propriétés mécaniques restent volontairement assez simples. Les plaques en test sont amarrées au portique du bassin d'essais et soumises à des houles calibrées de différentes intensités afin de simuler leur comportement en situation réelle, lorsqu'elles seront ancrées au fond de la mer et devront encaisser des vagues parfois puissantes.

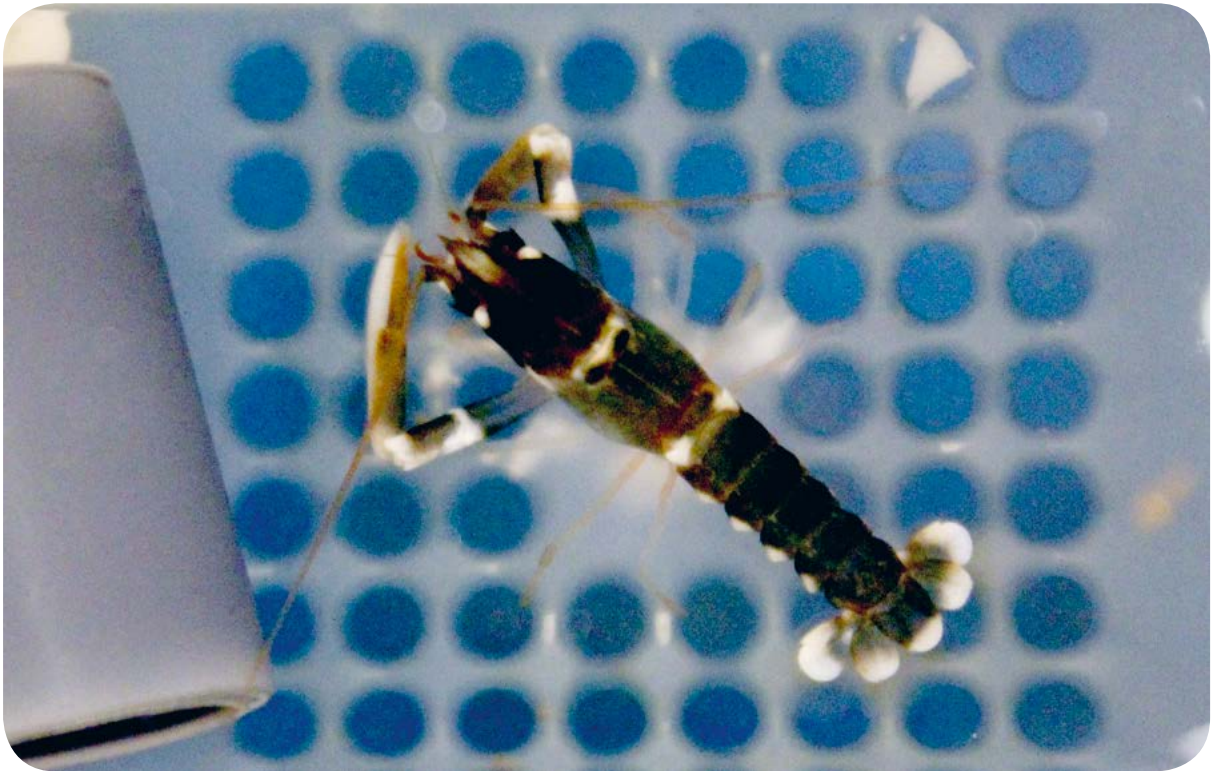
La première série d'essais réalisée a permis d'étudier le comportement des plaques à cette nouvelle échelle (huit caméras filmant leurs déformations) et de vérifier si la vitesse de propagation des ondes correspond bien aux attentes. Les premiers résultats se sont avérés cohérents avec les modèles numériques mis au point depuis le début du projet. Une autre série d'essais visera à montrer que l'on peut contrôler et focaliser la direction des vagues en ajoutant une lentille en surépaisseur sur les plaques.

ELASTONICS, UNE STRUCTURE FLOTTANTE DE FOCALISATION DE LA HOULE AU SERVICE DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ET DE LA PROTECTION DES INSTALLATIONS EN MER

Du 24 février au 6 mars 2020, des scientifiques de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles (ESPCI Paris – PSL) étaient en résidence au bassin d'essais de l'Ifremer de Plouzané. Avec l'équipe du laboratoire Comportement des Structures en mer (LCSM), ils ont testé un dispositif flottant de focalisation de la houle qui pourrait avoir des applications très intéressantes tant dans le domaine la production d'énergie que dans celui de la protection des travaux en mer.

LE HOMARD EUROPÉEN SERAIT INSENSIBLE AUX CHAMPS MAGNÉTIQUES ENGENDRÉS PAR LES CÂBLES ÉLECTRIQUES SOUS-MARINS

Le développement en France de l'éolien offshore pose de manière pressante la question des impacts que ce type d'aménagements peut avoir sur les écosystèmes marins. Citoyens et scientifiques s'interrogent notamment sur l'effet du champ magnétique induit par les câbles électriques sous-marins qui sont associés à ces éoliennes. Soucieux de progresser sur le sujet, France Énergies Marines et l'Ifremer, en collaboration avec l'Institute of Marine Research de Norvège, ont réalisé une expérimentation innovante sur le homard européen.



PAS DE PERTURBATIONS DÉCELÉES CHEZ LES JUVÉNILES DE HOMARDS SOUMIS AU CHAMP MAGNÉTIQUE DES CÂBLES SOUS-MARINS © Institute of Marine Research

Plusieurs éléments justifient le choix de cette espèce. Le homard européen représente un fort enjeu économique et écologique. Il utilise volontiers les corridors de raccordement électrique pour s'abriter. En outre, il a été démontré que des espèces voisines (langouste, écrevisse) étaient sensibles aux modifications du champ magnétique.

L'expérimentation a été menée dans les installations de l'Institute of Marine Research sur des juvéniles de homard éclos depuis trois semaines, un stade sensible de leur cycle de vie. Grâce à un dispositif conçu par la PME bretonne MAPPEM Geophysics, les chercheurs ont pu générer un champ magnétique correspondant à ceux qui ont été mesurés à proximité d'interconnexions de très grande puissance. Lors d'une première phase d'expérimentation, les scientifiques se sont employés à déterminer si les juvéniles étaient attirés, repoussés ou indifférents à ce champ magnétique. Ensuite, sur une période de 7 jours, ils ont étudié quel était l'effet de ce champ sur la mortalité et le comportement naturel de l'animal, notamment sa capacité à trouver un abri.

Au regard des résultats obtenus, plusieurs craintes peuvent être levées.

Tout d'abord, aucune mortalité n'a été constatée chez les juvéniles durant l'expérimentation. Ensuite, l'analyse des enregistrements vidéo indique clairement que les animaux ne sont ni attirés ni repoussés par le champ magnétique et surtout, que leur comportement exploratoire pour trouver un abri n'est pas modifié aux intensités de champ magnétique testées.

Cette expérimentation s'inscrit dans le projet de R&D collaboratif Species (*Submarine Power Cables Interactions with Environment & associated Surveys*, 2016-2020) qui est centré sur ces questions d'interactions entre les câbles sous-marins de raccordement électrique et les organismes vivant sur les fonds marins. Coordonné par France Énergies Marines et piloté scientifiquement par l'Ifremer, il fédère un consortium de 9 partenaires académiques et privés aux compétences et aux contributions complémentaires.

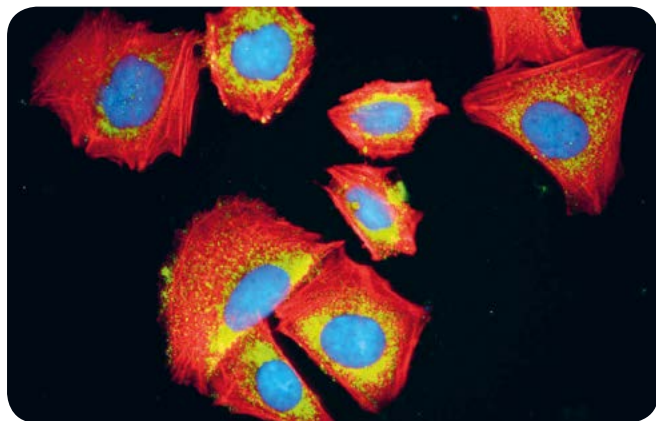
Publication scientifique en ligne :
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105401>

Projet SPECIES :
<https://www.france-energies-marines.org/R-D/Projets-en-cours/SPECIES>

DÉVELOPPER LES BIOTECHNOLOGIES MARINES

UTILISER DES BACTÉRIES MARINES POUR AIDER À SOIGNER LES CANCERS

En explorant au fil des ans les espaces sous-marins profonds, l'Ifremer a découvert de nouvelles bactéries et s'est constitué une souchothèque unique. De cette collection atypique, les chercheurs ont extrait plusieurs bactéries capables de produire des molécules très recherchées dans les domaines de la santé, des cosmétiques, de l'agroalimentaire. Une chercheuse de l'Ifremer, Sylvia Collic-Jouault, et un professeur de l'Université de Nantes, Dominique Heymann, ont réussi à montrer que certaines de ces molécules pouvaient être utilisées en cancérologie. Cette découverte a conduit à déposer une famille de brevets, dont l'un va bientôt être délivré en Europe. Afin d'amorcer la valorisation de ce brevet, le projet Mapaca (*Marine polysaccharides and cancer*) a été initié. Il s'agit du premier projet de maturation mené par l'Ifremer en partenariat avec la SATT Ouest Valorisation, un organisme spécialisé dans ce type d'opérations.



**CELLULES CANCÉREUSES D'OSTÉOSARCOME :
LES POLYSACCHARIDES MARINS SEMBLENT
EFFICACES POUR LUTTER CONTRE CE TYPE DE CANCER.
DES ESSAIS SONT CONDUITS DANS LE CADRE
DU PROJET MAPACA. © Ifremer**

Les recherches initiales ont permis de montrer que certaines bactéries sous-marines, comme *Alteromonas Infernus* et *Vibrio Diabolicus*, peuvent être cultivées par fermentation afin d'obtenir des exopolysaccharides qui ressemblent à des molécules nommées glycosaminoglycanes ou GAG. En soumettant ces exopolysaccharides à un traitement spécifique (dépolymérisation

et re-sulfatation), les chercheurs ont obtenu des dérivés GAG mimétiques susceptibles d'être utilisés en ingénierie tissulaire et en cancérologie. Pour vérifier leurs hypothèses, ils ont conduit une expérimentation animale avec un type particulier de cancer (ostéosarcome) qui induit la formation de métastases dans le poumon. Ils ont alors pu constater que leur produit limitait la formation de ces métastases chez les animaux traités avec un dérivé GAG mimétique. Le potentiel d'une telle molécule, capable de bloquer la diffusion des cellules cancéreuses dans l'organisme, est évidemment considérable. Toutefois, les développements industriels étant extrêmement coûteux, les chercheurs ont voulu vérifier l'efficacité de cette molécule dans le traitement d'autres cancers. Le projet Mapaca a été mis en œuvre dans ce but. Grâce au financement mobilisé, il permettra aux deux chercheurs de poursuivre leurs expérimentations et de vérifier si leur produit peut être actif dans le traitement du cancer du sein, du poumon, de la prostate, d'un mélanome. Afin de repérer d'éventuels effets secondaires indésirables, une étude de toxicité est également prévue. Ce programme de recherche sur 18 mois comprend une phase préalable de test *in vitro* (sur des cultures cellulaires), suivie d'une série d'expérimentations animales. En cas de succès, la SATT accompagnera l'Ifremer dans la promotion de cette molécule auprès de l'industrie pharmaceutique.

La famille de brevets déposée porte sur les propriétés antimétastatiques des molécules étudiées. Elle est la copropriété de l'Ifremer, de l'Université de Nantes, du CHU de Nantes et de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Le projet Mapaca est codirigé par Dominique Heymann et Sylvia Collic-Jouault.

ERC DYNAMIC, UTILISER LES PHAGES DU MILIEU MARIN COMME UNE ALTERNATIVE AUX ANTIBIOTIQUES

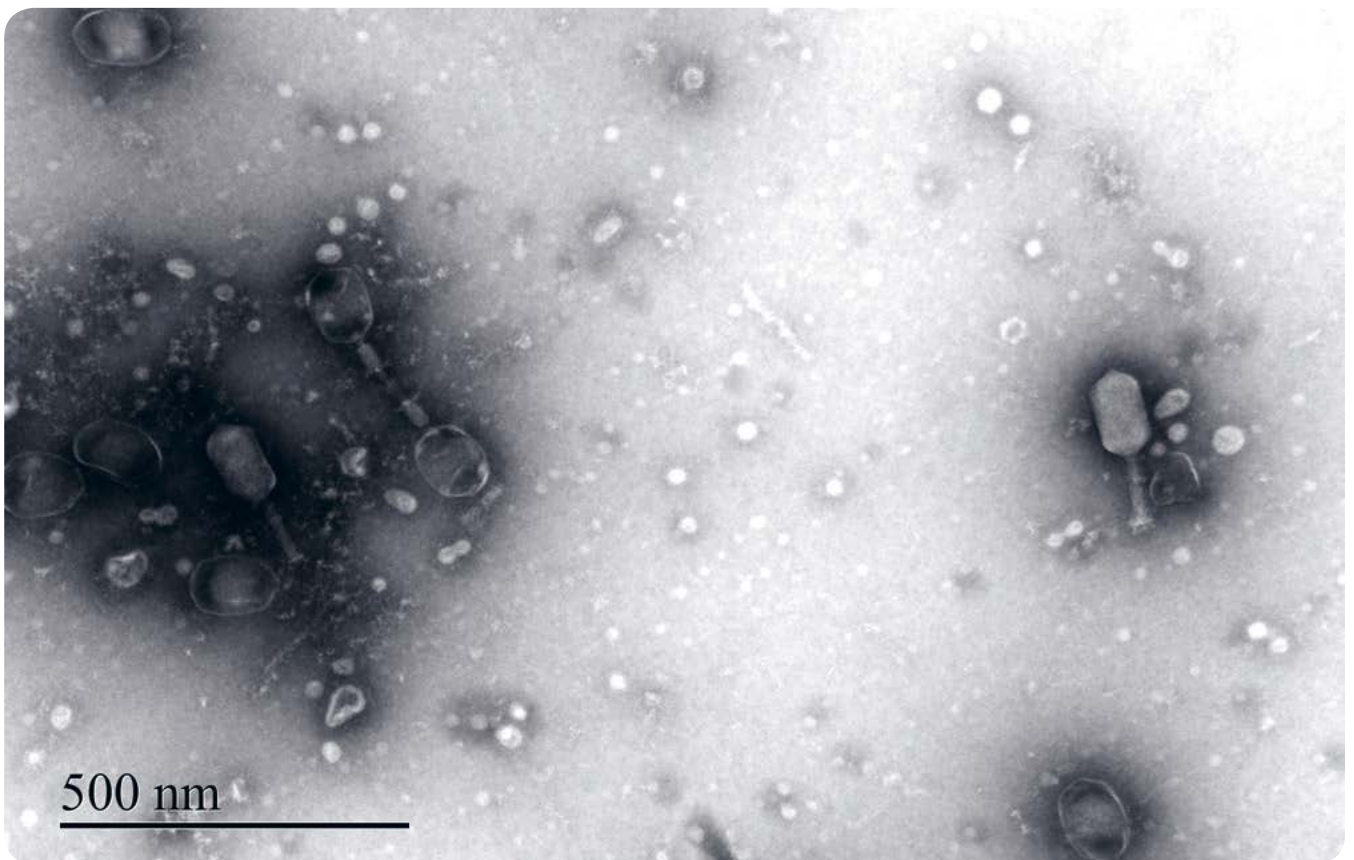
Depuis plusieurs années, l'augmentation des résistances aux antibiotiques est source d'une inquiétude croissante dans le milieu de la santé. Celle-ci est d'autant plus vive que dans le même temps la production de nouvelles molécules efficaces pour lutter contre les bactéries pathogènes décline très fortement. Cette impasse thérapeutique, qui peut s'avérer très grave, entraîne deux catégories de réactions. La première consiste à restreindre l'usage des antibiotiques pour maintenir le plus longtemps possible leur efficacité. La seconde est de chercher des alternatives. C'est à cette dernière option que se consacre le projet Dynamic (*A mechanistic approach to understand microbiome-viriome dynamics in nature*) en étudiant les phages — virus prédateurs de bactéries — dans le milieu marin.

Les phages s'attaquent spécifiquement à certaines bactéries et épargnent les autres organismes comme les animaux, les plantes ou les algues. Dynamic se pose à ce sujet plusieurs questions. Quels liens unissent les phages aux bactéries causant des maladies? Comment les bactéries résistent-elles aux phages et comment ceux-ci contre-attaquent, ce que l'on appelle la co-évolution? Pour cette équipe, il s'agit d'appréhender la résistance aux antibiotiques non pas comme un problème uniquement clinique, mais comme une question environnementale qui concerne aussi l'agriculture et l'aquaculture. Si l'homme est infecté par des bactéries multi-résistantes, l'environnement en est la source.

Les huîtres d'élevage ont été choisies comme modèle de recherche, certaines bactéries marines, en particulier les *vibrios*, infectant ce type de mollusques.

En étudiant les interactions entre les phages et les bactéries associées aux mortalités d'huîtres, il s'agit d'affiner la compréhension que les scientifiques ont de ces relations très anciennes. À terme, cette connaissance fondamentale permettra d'envisager s'il est possible ou pas d'utiliser des phages comme alternative aux antibiotiques dans les élevages aquacoles, mais aussi de confronter le savoir acquis à d'autres écosystèmes, tel qu'un élevage porcin ou le tube digestif d'un animal.

En 2020, Frédérique Le Roux, chercheure en microbiologie moléculaire de l'Ifremer à la station biologique de Roscoff (CNRS/Sorbonne Université) a remporté une bourse *Advanced Grant* de l'ERC (Conseil européen de la recherche) d'un montant de 2,5 millions d'euros pour soutenir le projet Dynamic. Une très belle reconnaissance pour cette scientifique, son équipe et l'Ifremer.



OBSERVÉS AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE, CES PHAGES, VIRUS PRÉDATEURS DES BACTÉRIES EN MILIEU MARIN, POURRAIENT CONSTITUER DEMAIN UNE ALTERNATIVE PROMETTEUSE AUX ANTIBIOTIQUES.

© Ifremer - Station Biologique de Roscoff -
CNRS Sorbonne Université / Sophie Le Panse - Damien Piel

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.

PLAN D'INVESTISSEMENT EXCEPTIONNEL (PIE) DE L'IFREMER

**INTERVIEW DE PATRICK VINCENT,
SUR LES PRINCIPALES ORIENTATIONS DU PIE.**



PATRICK VINCENT, DIRECTEUR GÉNÉRAL
DÉLÉGUÉ DE L'IFREMER © IFREMER

EN QUOI CONSISTE CE PLAN EXCEPTIONNEL D'INVESTISSEMENT ?

Il s'agit de consacrer à la recherche et à l'innovation 49 millions d'euros sur 10 ans, une première pour l'Institut à cette échelle. Ces ressources sont issues de la cession, en janvier 2020, des parts de l'Ifremer dans la société Collecte, Localisation, Satellites (CLS). L'enveloppe sera répartie entre sept projets scientifiques prioritaires que nous avons construits progressivement, avec la volonté d'amplifier et d'accélérer la mise en œuvre du projet d'Institut à l'horizon 2030 et du contrat d'objectifs et de performance 2019-2023. À travers ces sept projets, nous voulons renforcer les infrastructures et les compétences, soutenir certains développements scientifiques et technologiques, accélérer des transitions, créer des actifs pour l'avenir et renforcer des partenariats stratégiques.

QUELS PROJETS SCIENTIFIQUES BÉNÉFICIERONT DE CE PLAN ?

Nous avons privilégié un petit nombre de « grands projets », difficiles à financer par les canaux usuels, que nous avons regroupés en trois volets. Le premier concerne le déploiement d'infrastructures et d'équipements innovants destinés à l'observation des océans. Nous prévoyons notamment d'investir dans deux nouveaux observatoires de fond de mer, de poursuivre nos efforts dans le domaine des balises Argo et dans celui des engins sous-marins.

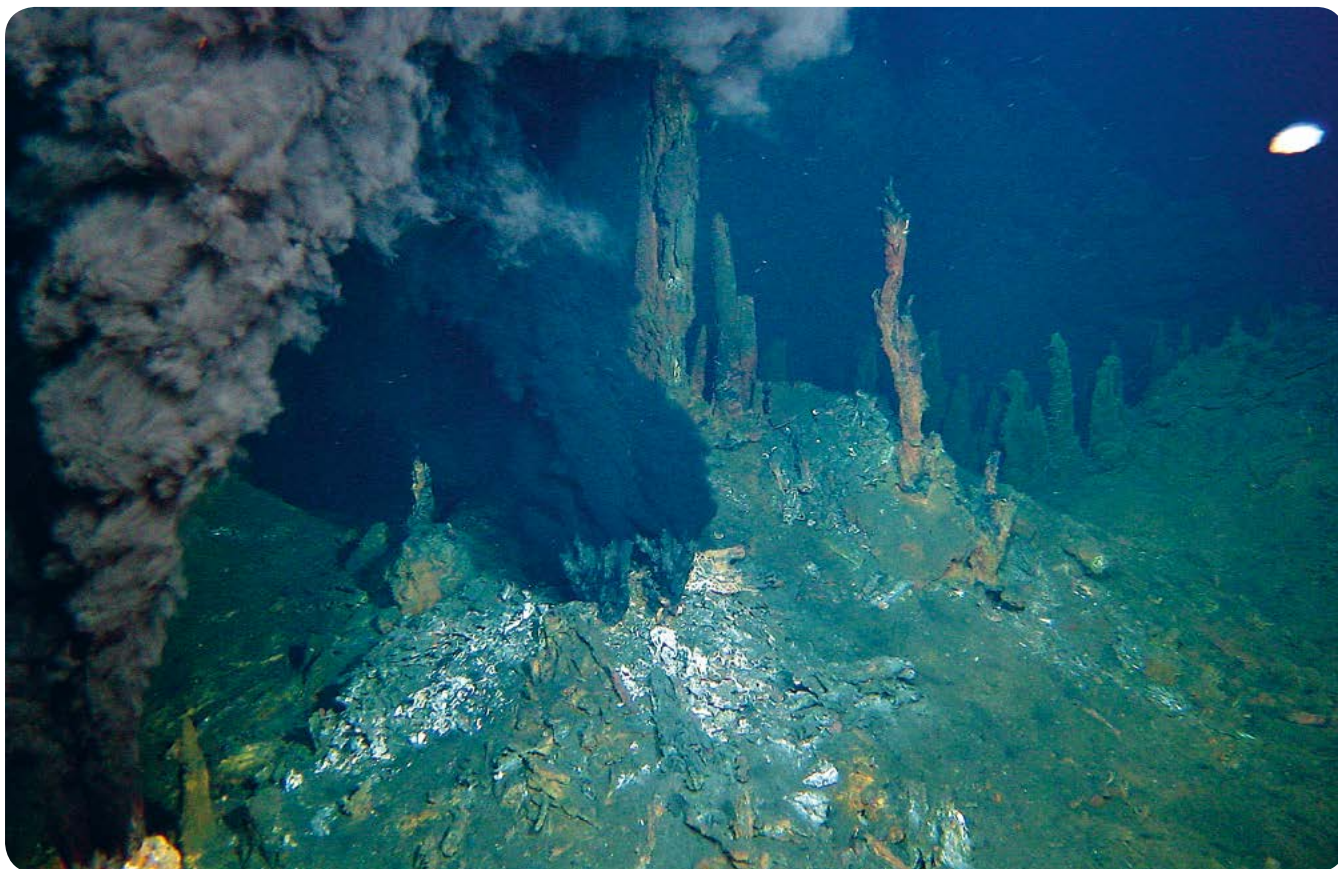
Le second est centré sur l'amplification de la politique d'innovation de l'Institut, notamment dans le domaine du numérique. Quant au troisième, il vise à développer les sciences marines de la durabilité avec la volonté de créer cinq chaires de recherche interdisciplinaire dédiées à ces sujets.

QUELLES OPÉRATIONS SONT PLUS PARTICULIÈREMENT CONSACRÉES À L'INNOVATION ET AU NUMÉRIQUE ?

Nous souhaitons consolider le projet « Océan numérique » dont les éléments de base existent déjà. Les nouveaux investissements permettront d'accélérer le développement des systèmes d'information scientifique et d'accroître notre engagement dans des projets collaboratifs, comme ceux que nous réalisons actuellement sur les dynamiques aléatoires de la couche supérieure des océans (avec l'Inria et l'Imperial College de Londres) ou le projet européen de construction d'un jumeau numérique de l'océan. Nous allons aussi soutenir la création d'un réseau de nano-satellites dédié à l'IoT (Internet des objets), dont la connectivité globale, la simplicité et la fiabilité permettront le développement de services marins et maritimes basés sur les données spatiales. Nous avons pour cela déjà investi dans la société Kinéis, filiale du Centre national d'études spatiales (Cnes) et de CLS. Enfin, une autre partie de nos financements sera consacrée à amplifier la démarche InOcean par des actions concrètes découlant de la stratégie d'innovation de l'Institut. En 2020, nous avons par exemple pris une participation dans la Start-Up Forsea qui développe des véhicules autonomes téléopérés et des caméras intelligentes pour le secteur maritime.

QUELLE PLACE TIEN LA DIMENSION PARTENARIALE DANS CETTE STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT ET D'INVESTISSEMENT ?

Comme le mentionne le plan stratégique à l'horizon 2030, l'atteinte des objectifs ambitieux de l'Institut ne peut se concevoir sans le recours à des partenaires nationaux et internationaux qui partagent nos objectifs. C'est déjà le cas pour certaines infrastructures comme le réseau Argo ou l'observatoire de fond de mer EMSO-Açores. Il est donc naturel de poursuivre dans cette voie de l'ouverture vers l'extérieur. Cette démarche a d'ailleurs été saluée par le conseil d'administration de l'Ifremer et par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (Mesri) comme un point fort des projets proposés par l'Institut. Dans cet esprit, le volet innovation du PIE a en particulier pour objectif de resserrer les liens et créer de nouvelles collaborations avec les entreprises.



LES SCIENTIFIQUES ONT TOUJOURS UN ŒIL RIVÉ SUR LES CHEMINÉES HYDROTHERMALES DU SITE LUCKY STRIKE, GRÂCE À EMSO-AÇORES, L'UN DES RARES OBSERVATOIRES DE FOND AU MONDE. © Ifremer

CONCEVOIR ET OPÉRER DES INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE OUVERTES

L'OBSERVATOIRE DE FOND EMSO-AÇORES FÊTE SES 10 ANS

Implanté en 2010 au milieu de l'océan Atlantique sur un site volcanique sous-marin actif, l'observatoire de fond EMSO-Açores (*European multidisciplinary seafloor and water column observatory*) vient de célébrer sa dixième année de bons et loyaux services. Cette infrastructure scientifique rare, seuls quatre observatoires de ce type existent dans le monde, enregistre en continu de très nombreuses données sur l'activité volcanique et les champs hydrothermaux du site Lucky Strike.

Des informations que les chercheurs mettent à profit depuis dix ans pour réaliser des avancées remarquables dans la compréhension de ces fonds marins profonds, encore relativement mal connus.

Situé à 1700 m de fond, EMSO-Açores déploie deux « nœuds » d'observation. Le premier est dédié aux études géophysiques à grande échelle et comprend les équipements de mesure associés (sismomètre, jauge de pression, etc.). Le second cible plus particulièrement les édifices hydrothermaux, ces structures géologiques au sein desquelles se dressent de grandes cheminées qui crachent des fluides, chargés en métaux, à plus de 300 °C.

A priori plutôt hostile, cet environnement abrite un riche écosystème que les caméras et les capteurs d'EMSO Açores suivent avec attention dans le but de saisir la complexe dynamique entre faune et facteurs physico-chimiques. L'ensemble de ces données est envoyé à une bouée de surface qui les transmet par satellite, toutes les six heures, au centre Ifremer de Brest.

Chaque année, une campagne océanographique baptisée Momarsat est réalisée afin de maintenir en parfait état l'observatoire et recueillir des données complémentaires. L'édition 2020 a eu lieu en octobre, à bord du *Pourquoi Pas ?*, avec des conditions sanitaires adaptées au contexte Covid. Cette campagne a été l'occasion, grâce au sous-marin téléguidé Victor 6000, de faire des relevés vidéo 3D de la zone et d'effectuer des prélèvements de fluides, de roches et d'animaux. Afin de célébrer dignement l'anniversaire d'EMSO-Açores, les scientifiques ont également sélectionné et publié 10 succès, symbolisant ces 10 fructueuses années de monitoring.

L'observatoire des fonds marins EMSO-Açores est soutenu par la France et le Portugal.

MODERNISATION DES BASSINS D'ESSAIS DE L'IFREMER AU SEIN DU GROUPEMENT THEOREM

Créée en 2017, l'infrastructure de recherche THEoREM réunit les moyens d'essais de l'Ifremer, de l'École centrale de Nantes et de l'Université Gustave Eiffel, tant en hydrodynamique que dans le domaine des essais mécaniques et hyperbares sur les matériaux et structures en milieu marin. La force de cet ensemble est de proposer un panel d'équipements et de compétences qui permet d'accompagner toutes les phases de développement d'un projet, de la mise à l'épreuve du concept jusqu'aux phases d'industrialisation. De plus en plus sollicité par l'industrie des énergies marines renouvelables (EMR), THEoREM s'emploie à faire évoluer ses installations dans ce sens. Au niveau de l'Ifremer, cet effort s'est traduit par la modernisation de certains de ses bassins et canaux d'essais avec le soutien financier de deux contrats de plan État-Région (projets IjinMor en Bretagne et Marco dans les Hauts-de-France).

Le programme porte en premier lieu sur les infrastructures du centre Bretagne de l'Ifremer à Plouzané. Son bassin profond, dit bassin de génie océanique, va accueillir un générateur de vagues de type « serpent » nettement plus qualitatif que le précédent. Capable de générer des vagues plus hautes, de prendre en compte l'étalement directionnel, de produire une houle plus fidèle, ce nouvel équipement s'adresse clairement aux développeurs du secteur des EMR. Il leur offre une simulation plus réaliste des conditions environnementales et des efforts auxquels seront soumises les structures placées en mer. La mise à niveau du canal d'expérimentation de Plouzané,

complémentaire au bassin, répond sensiblement au même objectif. Grâce à la mise en place d'un générateur de vagues multi-volets, les expérimentateurs pourront reproduire les problématiques qui apparaissent à faible ou moyenne profondeur. Ils seront par exemple en mesure d'étudier les risques associés au déferlement des vagues ou les effets de la houle sur les câbles immergés en zone côtière.

Un autre volet d'investissement concerne le bassin d'essais situé au centre de Boulogne-sur-Mer. Dédiée à l'étude des interactions houle-courant-structure dans des conditions environnementales complexes, cette infrastructure bénéficie d'ores et déjà d'améliorations lui permettant de conserver un très haut niveau de performance. Parmi elles figurent l'installation d'un faux plancher modulaire, capable d'abriter de l'instrumentation en paroi et des points d'ancrage réglables, ainsi que le développement d'un nouveau système de mesure (vélocimétrie laser trois composantes) pour mieux quantifier les phénomènes de turbulence en amont ou dans le sillage des dispositifs testés. Des perfectionnements très utiles pour étudier le comportement des structures en mer.



ESSAIS HYDRODYNAMIQUES MENÉS DANS LE BASSIN DU CENTRE IFREMER DE BRETAGNE, MIS À LA DISPOSITION DE L'INFRASTRUCTURE THEOREM POUR TESTER SES PROJETS, DE LA PREUVE DE CONCEPT JUSQU'À LA PHASE D'INDUSTRIALISATION. © Ifremer / Olivier Dugornay

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

DE NOUVEAUX ROBOTS AUTONOMES POUR ALLER PLUS LOIN DANS L'OBSERVATION DES OCÉANS

Copiloté par l'Ifremer et Sorbonne Université, le projet Naos (*Novel Argo Observing System*), qui a tenu sa réunion finale le 17 septembre 2020, peut se prévaloir d'un bilan très positif. Grâce à un financement de 8 millions d'euros accordé par l'Agence nationale de la recherche entre 2011 et 2020, il a procuré à la France et à l'Europe une nouvelle génération de robots autonomes Argo capables de répondre aux défis futurs de l'observation des océans.

Rappelons que le programme international Argo, qui réunit près de 30 pays, s'appuie sur un réseau de 4 000 flotteurs profilants (petits robots autonomes) qui mesurent la température et la salinité de tous les océans de la planète, depuis la surface jusqu'à 2 000 mètres de profondeur. C'est le premier réseau mondial d'observation *in situ* des océans en temps réel, un complément indispensable aux mesures satellitaires. Il permet d'observer, comprendre et prévoir l'évolution du climat et de caractériser l'impact du changement climatique sur les propriétés physico-chimiques de l'océan et sur les écosystèmes marins.

L'apport central de Naos tient au développement de flotteurs profilants Argo nettement plus endurants et « intelligents ». Ces nouveaux modèles sont capables d'embarquer plus de capteurs (notamment pour la biogéochimie marine) et d'atteindre les zones les plus reculées de l'océan, comme les grandes profondeurs (4 000 m) et les régions polaires. Leur apport a été clairement démontré lors de trois expériences pilotes : la surveillance de l'état biologique de la mer Méditerranée, l'étude du phytoplancton sous la glace polaire arctique et l'observation de la dynamique profonde de l'océan Atlantique. Des flotteurs capables « d'hiverner » sous la glace ou de mesurer l'oxygénation des couches profondes de l'océan ont ainsi pu être testés avec succès en conditions réelles.

Naos s'est aussi avéré propice au déploiement d'enrichissants partenariats avec le milieu industriel. En assumant la production et la commercialisation des flotteurs Argo fabriqués en France, la PME Nke Instrumentation a par exemple connu un développement remarquable au cours du programme en renforçant sa position internationale.

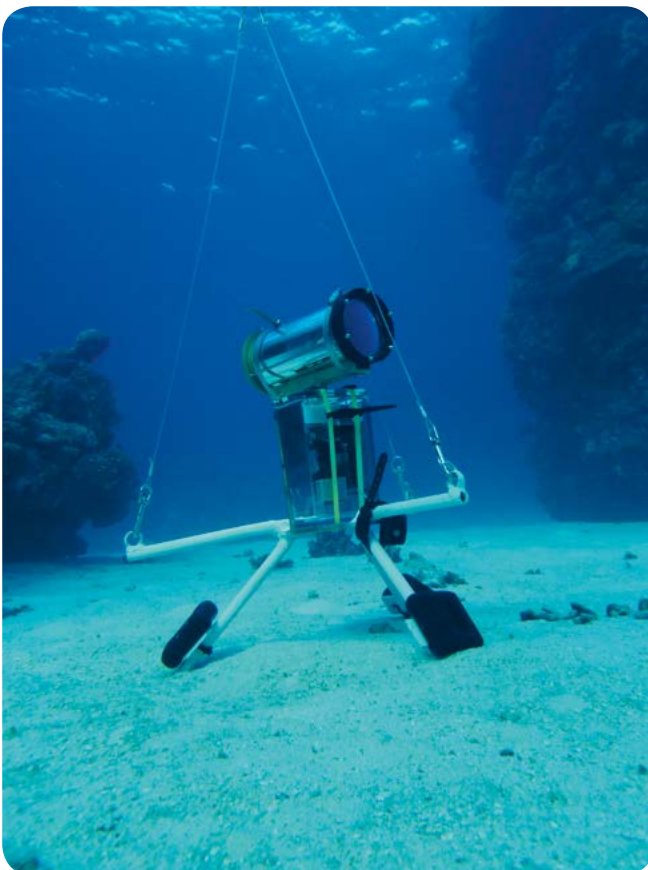


DES NOUVEAUX FLOTTEURS AUTONOMES ARGO PLUS ENDURANTS ET INTELLIGENTS DÉVELOPPÉS DANS LE CADRE DU PROJET NAOS (NOVEL ARGO OBSERVING SYSTEM), COPILOTÉ PAR L'IFREMER ET SORBONNE UNIVERSITÉ © Ifremer / Kevin Balem

Si Naos arrive à son terme, la France entend poursuivre ses efforts en apportant sa contribution à la nouvelle phase opérationnelle du programme Argo (2020-2030) qui prévoit une extension dédiée à l'océan abyssal (*Deep Argo*) et à la biogéochimie (BGC-Argo). Un développement qui est très étroitement associé aux enjeux scientifiques forts sur l'étude des évolutions de l'océan et du changement climatique.

UNE MÉTHODOLOGIE VIDÉO DE POINTE POUR OBSERVER LES POISSONS DANS LEURS HABITATS

Les zones côtières abritent des habitats essentiels pour les écosystèmes et les ressources halieutiques. Elles constituent des nourriceries, des refuges ou des terrains d'alimentation pour de nombreuses espèces, y compris celles du large. Avec l'accroissement de la population et des activités humaines, mais aussi en raison du changement climatique, ces espaces sont soumis à de très fortes pressions et à des transformations que les chercheurs de l'Ifremer veulent caractériser. Pour cela, il faut avant tout pallier le déficit de données quantitatives sur ces habitats côtiers et leur ichtyofaune (ensemble des poissons d'un écosystème aquatique). C'est le but des nouvelles méthodologies d'observation vidéo sous-marine non appâtée (sans nourriture pour attirer les animaux) que développe l'Ifremer.



PERCER LES MYSTÈRES DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS SANS DÉRANGER LES POISSONS, C'EST LA PROUESSE DU SYSTÈME STAVIRO INSTALLÉ DANS LE PARC DE LA MER DE CORAIL EN NOUVELLE-CALÉDONIE.

© Bastien Preuss

Baptisées Staviro et Micado, ces techniques ont déjà fait leurs preuves en Nouvelle-Calédonie, dans l'océan Indien et en mer Méditerranée. Elles offrent l'avantage de pouvoir être déployées aisément dans l'ensemble des habitats et de couvrir de grandes zones, avec une perturbation minimale des poissons. Elles mettent en œuvre des stations vidéo sous-marines équipées de caméras rotatives haute définition et différents processus de traitement de données, depuis l'acquisition des images jusqu'à leur analyse. Celles-ci sont complétées par des transects en stéréo-vidéo qui fournissent une mesure de la taille des poissons.

Exploitées dans le cadre de trois campagnes en 2019, ces méthodologies ont produit des résultats intéressants au cours de l'année 2020. En Méditerranée, dans la zone du Cap Sicié (Var) et dans le Parc Marin de la Côte Bleue, les chercheurs ont ainsi pu évaluer les changements d'habitat et de peuplement (nombre, espèces, taille de poisson) qui se sont produits par rapport aux campagnes menées en 2011 et 2012. Ils ont également travaillé sur les espaces côtiers atlantiques (zone de Concarneau et des Glénan) pour lesquels ce type de données halieutiques est rare.

L'ensemble des résultats déjà obtenus illustre la pertinence de ces méthodologies développées pour l'observation de l'ichtyofaune et des habitats côtiers. Sans impact sur l'écosystème, elles répondent clairement à des besoins de suivi non couverts actuellement.

Le projet *Now you see me* mené par l'unité Écologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH) travaille à la compréhension des relations entre l'ichtyofaune côtière et ses habitats grâce aux données issues de ces vidéos sous-marines non appâtées.

COLLECTE DE CONTAMINANTS EN MÉDITERRANÉE PAR L'EXPÉDITION À LA VOILE OCEANOSCIENTIFIC

Comme chaque année depuis 2006, le skipper Yvan Griboval, président de l'association OceanoScientific a pris la barre pour collecter des données océanographiques. À bord du maxi-catamaran Amaala Explorer, c'est en Méditerranée qu'il s'est rendu cette année pour prélever des échantillons de contaminants chimiques. Le 28 octobre 2020, en présence du président de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, il a débarqué sa cargaison sur le port de la Seyne-sur-Mer et passé le relais aux scientifiques de l'Ifremer qui se sont chargés d'analyser les prélèvements et les données recueillies.



LES MEMBRES DE L'EXPÉDITION À LA VOILE OCÉANOSCIENTIFIC REMETTENT AUX SCIENTIFIQUES DE L'IFREMER LES ÉCHANTILLONS DE CONTAMINANTS CHIMIQUES PRÉLEVÉS LORS DE LEUR CAMPAGNE 2020 EN MÉDITERRANÉE. DE G À DR, YVAN GRIBOVAL, SKIPPER, VINCENT RIGAUD, DIRECTEUR DU CENTRE MÉDITERRANÉE DE L'IFREMER, LINN SEKUND, BIOLOGISTE ET BRENDAN JACK, PARTENAIRE. © Ifremer / Erick Buffier

Ce partenariat entre l'Ifremer et OceanoScientific répond à un double objectif de collecte de données mais aussi de sensibilisation du public à l'impérieuse nécessité de préserver l'océan. La préparation de cette campagne 2020 s'est faite en étroite collaboration. L'Ifremer, à travers ses laboratoires « Environnement Ressources Provence Azur Corse » et « Biogéochimie des Contaminants Métalliques », a aidé à baliser l'itinéraire, afin d'identifier les lieux de prélèvements les plus judicieux. En outre, l'Institut a prêté à l'association ses échantillonneurs passifs, une technique innovante de prélèvement.

Ainsi équipé, le catamaran a pu traquer les contaminants organiques et métalliques présents tout au long d'un périple de 2800 km, ponctué d'escales à Monaco, Porto-Cervo (Italie), Barcelone (Espagne), La Seyne-sur-Mer (France).

Il s'agissait plus précisément de privilégier l'embouchure des trois grands deltas de la Méditerranée occidentale, le Tibre (Italie), l'Èbre (Espagne) et le Rhône (France), chacun charriant et déversant dans la mer les contaminants issus d'importantes mégapoles. Neuf autres points de prélèvement complétaient ce jeu de données.

Par le biais de cette collecte, les scientifiques pourront mesurer les contaminants organiques (hydrocarbures, polychlorobiphényles [PCB], tributylétains [TBT], pesticides...), mais aussi les métaux lourds (plomb, cadmium, nickel, mercure...) présents dans les échantillons. Ces analyses seront très utiles pour dresser un panorama plus exhaustif de la contamination chimique en Méditerranée, d'autant qu'il existe actuellement assez peu de données sur le sujet.

CONCEVOIR DES SYSTÈMES D'INFORMATION OUVERTS

RENDRE ACCESSIBLES À TOUS, L'ENSEMBLE DES DONNÉES DE SURVEILLANCE DES EAUX LITTORALES ET MARINES.

Survall a été développé au début des années 2000 pour permettre à différents publics, amateurs et professionnels, de consulter et télécharger facilement les données de suivi des eaux littorales françaises. Dans un premier temps, trois séries de données avaient été mises en ligne par le biais de cet outil, celles des réseaux Remi (suivi microbiologique des zones de production conchylicole), Rephy (suivi du phytoplancton et des phycotoxines) et Rocch (suivi des contaminants chimiques).

Par la suite, de nouvelles séries se sont constituées, correspondant à d'autres suivis et à l'élargissement géographique des observations, le périmètre des eaux maritimes venant peu à peu compléter celui des eaux littorales. En 2020, l'Ifremer a donc entrepris de mettre l'ensemble de ces données à disposition du grand public, soit environ 13 millions de résultats au lieu des 1,7 million jusque-là accessibles via Survall. Un challenge qui a nécessité de surmonter quelques obstacles techniques, mais qui devrait s'achever à la fin du premier trimestre 2021.

En réalité, cette gestion numérique des données de surveillance des eaux littorales et maritimes françaises repose sur plusieurs outils. La base de données Quadrige a d'abord été créée pour répondre aux exigences des autorités qui souhaitaient disposer d'un système de bancarisation national. Elle centralise l'ensemble des suivis de la directive-cadre européenne sur l'eau (volet littoral) réalisés par l'Ifremer et d'autres organismes. À ce jour, seule une communauté formée d'environ 550 personnes l'utilise directement.



C'est pour faciliter l'accès du public à ces données que Survall a été mis en œuvre. Il s'agit d'un système qui assure automatiquement leur traitement et leur mise en ligne. Couplé à l'outil cartographique Sextant, lui aussi développé par l'Ifremer, Survall permet un accès très simple aux données sous forme de cartes et de graphiques via un site web. Citoyens curieux, membres d'associations environnementales, ingénieurs de bureaux d'études, agents des services publics, universitaires et chercheurs peuvent ainsi, d'un simple clic, se procurer les informations désirées. Ces données étant sous licence ouverte V2.0 d'Etalab, elles sont complètement libres de réutilisation, sous réserve de mentionner leur source.

MODÉLISER POUR COMPRENDRE ET PRÉVOIR L'OCÉAN DU FUTUR

CROCO, UN MODÈLE OCÉANIQUE QUI FÉDÈRE LES COMMUNAUTÉS SCIENTIFIQUES : INTERVIEW DE SWEN JULLIEN.



SWEN JULLIEN, CHERCHEURE AU LABORATOIRE D'OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE ET SPATIALE (LOPS, UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE IFREMER - CNRS - UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE)
© IFREMER / STÉPHANE LESTBATS

QUELS SONT LES BUTS POURSUIVIS PAR CROCO ?

Croco (Coastal and Regional Ocean Community model) est un modèle numérique de l'océan autour duquel se sont rassemblés de nombreux chercheurs et développeurs. Deux objectifs ont conduit à la création de ce groupement dans les années 2015. Le premier était de mener une partie de la recherche et des développements numériques nécessaires pour aborder les fines échelles océaniques, notamment en

milieu côtier et littoral, ainsi que les questions pluridisciplinaires s'y rapportant. Le deuxième objectif était de mutualiser et de partager les progrès réalisés sur le sujet au sein d'un outil de modélisation réaliste et capable d'aborder des systèmes complexes.

QUE PERMET-IL DE MODÉLISER ?

Croco est avant tout un modèle qui résout des équations de dynamique des fluides caractérisant les propriétés physiques fondamentales de l'océan : courant, température, salinité. D'une manière générale, il s'agit de reproduire mathématiquement la dynamique de l'océan. Les utilisateurs peuvent déployer Croco sur une zone déterminée, en lui fournissant les caractéristiques spécifiques de celle-ci (trait de côte, profondeur, marée, vent, etc.). Le modèle résout alors des équations et recrée numériquement la dynamique océanique de cette zone. Croco permet de travailler à des échelles assez variées, du régional (quelques dizaines de kilomètres) au littoral (quelques dizaines de mètres). À ce « cœur » du modèle peuvent ensuite être couplés des modules pour intégrer la biogéochimie, les sédiments, les vagues et l'atmosphère.

QUELLES SONT SES APPLICATIONS CONCRÈTES ?

Elles sont nombreuses. Croco est utilisé pour modéliser les interactions air-mer et la réponse de l'océan aux événements extrêmes de type tempête ou cyclone tropical. Il peut aussi être déployé afin de caractériser les conditions océanographiques d'un espace donné comme la rade de Brest ou des zones de déploiement d'éoliennes offshore. L'une de ses particularités est de pouvoir simuler les ondes internes (ondes se propageant à l'interface entre deux masses d'eau de densité différente), par exemple pour mieux comprendre la rencontre entre Méditerranée et Atlantique dans le détroit de Gibraltar. Croco est également utilisé pour modéliser la dynamique littorale : celle des courants de baïnes sur la côte landaise ou la forte érosion de plages au Vietnam. Il a enfin été mis en œuvre pour reproduire la dispersion larvaire autour des sources hydrothermales et la migration de petits poissons de haute mer au large du Sénégal.

de ses équipes. Ce sont 13 unités de recherche réparties dans toute la France, en métropole et dans les territoires d'outre-mer, qui participent à ce projet. Toutefois, scientifiquement, les collaborations sont beaucoup plus étendues. Nous avons des partenaires à Los Angeles, car Croco découle en partie du modèle Roms qui est né là-bas. Nous travaillons aussi avec des chercheurs et développeurs d'autres centres et universités des États-Unis, mais également en Afrique du Sud, Allemagne, Chili, Colombie, Espagne, Mexique, Pérou, Sénégal, Vietnam. L'un des points forts de Croco est de croiser les attentes de tous ces acteurs et de s'adapter aux moyens de calcul de chacun. Ce modèle peut être déployé partout.

QUELLES SONT LES ÉVOLUTIONS EN COURS ?

Rester à la pointe de ce qui se fait en modélisation numérique est évidemment l'un de nos objectifs majeurs. Pour les développeurs de Croco, cela se traduit par un effort d'amélioration continu. Des projets collaboratifs, assortis d'un financement spécifique, sont régulièrement initiés pour créer et intégrer des fonctionnalités supplémentaires. Et environ tous les deux ans, une nouvelle version stable est diffusée. Nous assurons des formations pour permettre à tous les utilisateurs de s'approprier le modèle. Actuellement, nous sommes dans une dynamique de développements conjoints de certains aspects avec l'équipe du modèle océanique européen global Nemo.

Inria (Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique)

IRD (Institut de recherche pour le développement)

CNRS (Centre national de la recherche scientifique)

Shom (Service hydrographique et océanographie de la Marine)

COMBIEN D'ÉQUIPES SONT ENGAGÉES DANS CROCO ?

Administrativement, Croco rassemble quatre partenaires financeurs (Ifremer, IRD, CNRS, Shom) ainsi que l'Inria qui met à disposition certaines

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

OUVERTURE DU PORTAIL «MILIEU MARIN — OCÉANS INDIEN ET AUSTRAL»

Afin de rendre plus accessibles et réutilisables les données concernant les espaces maritimes français, le ministère de la Transition écologique, accompagné par l'Office français pour la biodiversité (OFB), et l'Ifremer ont mis en place le système d'information sur le milieu marin (Simm). Celui-ci centralise les données publiques issues de différents acteurs et les met à la portée de tous par l'intermédiaire d'un portail web ergonomique. C'est dans cet environnement que s'inscrit le nouveau Simm-OIA, une déclinaison régionale consacrée aux océans Indien et Austral.

L'ambition du Simm est de couvrir le plus largement possible les thématiques du milieu marin, des écosystèmes aux usages, en faisant mieux connaître les actions mises en œuvre par les pouvoirs publics en faveur d'une gestion durable de ces sujets. Il s'adresse par conséquent aussi bien aux citoyens en quête d'informations qu'aux instances européennes en charge de la protection de ces milieux. Le portail web propose un accès simplifié aux données via des rubriques thématiques sur l'état du milieu, les actions concrètes de protection et de restauration des écosystèmes, ou encore les chiffres-clés en la matière.

Récemment mis en ligne, le portail régional pour les océans Indien et Austral s'attache quant à lui à rendre plus visibles les données locales acquises par des associations, des organismes de recherche, des établissements publics... L'Ifremer a contribué de manière significative à son développement en assistant le maître d'ouvrage dans la collecte des données et le maître d'œuvre dans le développement du portail et de son contenu. L'Institut a ainsi recueilli, diffusé et sécurisé de nombreux jeux de données régionaux. Il a en outre rédigé une grande partie des contenus en gérant les différents niveaux de validation auprès des instances et des partenaires en charge de ces questions. Ce portail apporte également plusieurs éléments novateurs, comme l'accès direct aux données via des produits adaptés à certaines thématiques (habitats benthiques, directive-cadre européenne sur l'eau, campagnes à la mer, etc.).

INTERVIEW D'ÉMILIE LEBLOND SUR LE SYSTÈME D'INFORMATION HALIEUTIQUE (SIH), UN SERVICE TRÈS COMPLET DE GESTION DES DONNÉES SUR LA PÊCHE FRANÇAISE



ÉMILIE LEBLOND, COORDINATRICE NATIONALE
DU SYSTÈME D'INFORMATIONS HALIEUTIQUES
À L'IFREMER © IFREMER

EN QUOI CONSISTE LE SIH ?

Le SIH assure des fonctions de collecte, de bancarisation, de traitement et de mise à disposition d'un large panel de données sur la pêche française, et plus spécifiquement sur la pêche professionnelle embarquée. L'un de ses points forts est de s'intéresser à l'ensemble des flottilles et de couvrir toutes les façades maritimes de la métropole et des départements d'outre-mer (Antilles, Guyane, Martinique, Mayotte, La Réunion). Les données collectées, très diversifiées, sont ensuite regroupées dans une base nommée Harmonie dont la particularité est d'utiliser un référentiel commun qui permet une analyse intégrée et pluridisciplinaire. Différents outils sont alors mis en œuvre pour traiter ces données et contrôler leur qualité. Elles sont ensuite mises à disposition des utilisateurs par l'intermédiaire d'une plateforme web. Le SIH n'est donc pas seulement une base de données, mais une infrastructure qui gère toute la chaîne, de l'acquisition à la diffusion des données, en mettant en œuvre des méthodologies et des procédures standardisées.

QUELS SONT SES UTILISATEURS ?

Le SIH répond à toutes les personnes qui en font la demande, en gérant les droits d'accès spécifiques liés

à certaines données. Il a une vocation d'appui aux politiques publiques sur la pêche et alimente aussi les experts qui travaillent sur l'évaluation et le diagnostic des ressources. Il fournit également un soutien à la recherche scientifique en halieutique.

QU'EST-CE QUI FAIT LA VARIÉTÉ DES DONNÉES COLLECTÉES ?

Elles se répartissent en quatre grandes catégories : les données portant sur les écosystèmes, sur les ressources, sur les navires et leurs captures, et sur la situation socio-économique du secteur. Ces données diffèrent aussi par leurs sources. Une partie d'entre elles nous sont transmises par les services de l'État qui administrent et contrôlent la pêche. Nous obtenons ainsi la liste et les positions satellites des navires ainsi que les déclarations de capture que doivent renseigner les pêcheurs professionnels. FranceAgriMer nous communique en outre les données de ventes de poissons en criée. Tout cela se traduit par des flux quotidiens qui alimentent la base Harmonie. Nous disposons aussi des données collectées par un réseau d'observateurs à terre et en mer. Nous intégrons enfin les données issues des campagnes scientifiques halieutiques menées sur la flotte océanographique.

QUEL EST LE RÔLE DU RÉSEAU D'OBSERVATEURS ?

Le réseau se compose de personnels de l'Ifremer et de prestataires formés à ce travail d'enquête et d'observation. Ils suivent les protocoles élaborés et pilotés par nos statisticiens, ingénieurs et chercheurs. Leur travail permet de reconstituer l'activité des navires parfois insuffisamment couverte par le suivi administratif, notamment dans les territoires d'outre-mer.

Il peut aussi fournir des informations sur les engins de pêche utilisés ou la situation socio-économique des pêcheurs. Des observations sont également menées à bord des navires permettant d'accéder à la totalité des captures y compris la partie rejetée en mer. Connaître la structure démographique de toute la capture constitue un élément clé pour évaluer l'état des ressources.

COMMENT HARMONISEZ-VOUS CES DONNÉES DISPARATES ?

Au-delà de son rôle fondamental de bancarisation, le SIH intègre une palette d'outils pour gérer l'importation automatique des données et assurer un contrôle qualité. Quantifier les captures nécessite de croiser les données issues des différentes sources (déclarations des pêcheurs, ventes des criées, informations collectées par les observateurs à terre ou à bord des navires) pour en vérifier la cohérence et tirer le meilleur parti de chacune d'elles. D'autres outils permettent d'extrapoler à partir d'échantillonnages, d'agrèger et de formater les données, de fournir des extractions ou encore une visualisation sous forme de carte.

En 2020, en raison de la pandémie, nous avons été confrontés à de nouvelles problématiques. Le confinement a provoqué l'interruption de certains flux et collectes de données. Nous devons donc estimer cette perte d'information et travaillons sur de nouvelles méthodologies pour la compenser et mieux gérer ce type d'aléas à l'avenir. Nous avons en outre modernisé notre site internet pour faciliter l'accès aux données.



LE SERVICE PUBLIC
D'INFORMATION SUR LE MILIEU MARIN
EN Océans INDIEN ET AUSTRAL

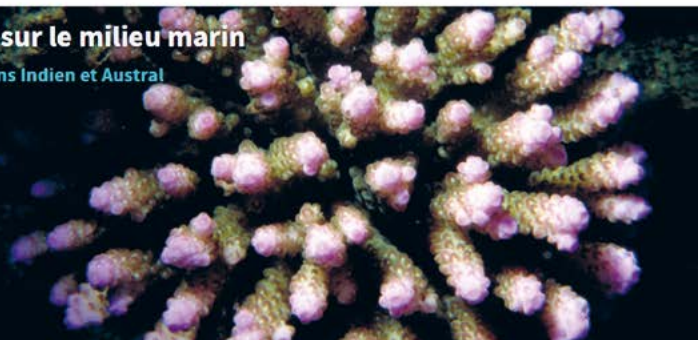


Accéder aux informations publiques sur le milieu marin

...des données accessibles depuis les portails des océans Indien et Austral

A propos de Milieu Marin France en océans Indien et Austral

Accès aux données



The page features several large, light blue, rounded rectangular shapes that serve as a decorative background. These shapes are arranged in a vertical, somewhat symmetrical pattern, with some overlapping. The central text is contained within these shapes. On the right edge of the page, there are three small, light blue circles stacked vertically.

Accompagnement et soutien à la recherche

RESSOURCES HUMAINES ET DIALOGUE SOCIAL

L'année 2020 a été marquée par la gestion de la crise sanitaire liée à la Covid-19. L'Ifremer s'est adapté à ce contexte inédit en veillant au maintien du lien avec ses salariés et en renforçant le dialogue social.

C'est ainsi en particulier que les plans de continuité d'activité et les plans de reprise d'activité ont été co-construits avec les représentants du personnel avant qu'ils ne soient soumis pour avis aux instances représentatives du personnel. Par ailleurs, la plateforme d'écoute et de soutien psychologique mise en place en décembre 2019, gérée par un cabinet indépendant et expert en santé psychologique au travail, est restée à la disposition des collaborateurs durant toute cette période. De plus, ce cabinet a conçu et animé un webinaire afin de donner aux salariés des clés et des conseils sur la manière d'appréhender cette période particulière du premier confinement, tant sur le plan professionnel que personnel. Un autre webinaire spécifiquement destiné au management et consacré à la gestion des équipes à distance a aussi été organisé. Enfin, fruit d'un travail commun entre la DRH et la CSSCT-C, une enquête a été réalisée lors du dernier trimestre 2020 afin d'évaluer le vécu des salariés pendant la période de confinement.

Malgré ce contexte de crise sanitaire, l'activité RH est restée soutenue grâce notamment au déploiement des recrutements en visioconférence, la possibilité donnée d'organiser les entretiens individuels de la même manière et le développement des formations en distanciel ou en *e-learning*. En 2020, la moitié des formations transversales a été réalisée à distance, en totalité ou partiellement.

Au 31 décembre 2020, L'Ifremer comptait 1 516 salariés dont 684 chercheurs et ingénieurs. La proportion de femmes au sein de l'Institut est restée relativement stable : 47,23 % de l'effectif total. La mobilisation de l'ensemble des acteurs a rendu possible l'organisation de commissions de recrutement qui ont permis la réalisation de 57 recrutements externes.

Le développement des compétences est demeuré un axe fort pour l'Institut. L'Ifremer a ainsi consacré 2,2 % de sa masse salariale à la formation. Malgré le contexte de crise sanitaire, 575 salariés ont suivi une action de formation dans le cadre du plan de développement des compétences. Le volet formation à destination des encadrants de doctorants s'est

poursuivi en 2020. Près de la moitié de ces encadrants a suivi une formation portant notamment sur l'intégrité scientifique. Enfin, l'Ifremer a poursuivi le développement de sa politique d'accueil en matière d'alternance en recrutant plus de 50 nouveaux collaborateurs en contrat d'apprentissage ou de professionnalisation.

Dans le domaine des relations sociales, les travaux relatifs à l'actualisation de la convention d'entreprise ont été lancés en 2020. Ils se sont traduits par la signature avec les organisations syndicales d'un accord de méthode qui détermine les thèmes à aborder, les modalités et le calendrier de ces négociations appelées à débiter dès le début de l'année 2021.

En 2020, un nouvel accord sur l'exercice du droit syndical a par ailleurs été signé avec les deux organisations syndicales représentatives ainsi qu'un accord relatif aux modalités d'organisation et au déroulement de l'élection des représentants des salariés au conseil d'administration de l'Ifremer

L'année 2020 aura aussi été marquée en matière de dialogue social par la signature le 22 juin d'un accord relatif au télétravail. Quelques semaines auparavant, un accord relatif aux mesures d'adaptation en matière de congés et de CET pendant la pandémie du Covid-19 avait aussi été signé avec les organisations syndicales.

RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE DE L'INSTITUT

En 2020, l'Institut s'est attaché à définir sa stratégie en matière de responsabilité sociétale (RSE) en cohérence avec les objectifs de développement durable (ODD), la feuille de route pour la France de l'Agenda 2030 et les actions portées par la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable. À ce titre, cinq axes stratégiques ont été élaborés et validés par le comité de direction :

- la promotion d'un océan bien commun à partager ;
- la limitation de nos impacts environnementaux liés aux campagnes océanographiques,
- la création de valeur partagée ;
- la réduction de l'empreinte environnementale de l'Ifremer ;
- l'Ifremer : un employeur responsable.

Ces cinq axes sont en cours de déclinaison dans des fiches signalétiques opérationnelles.

Le dispositif sera présenté en conseil d'administration début 2021. La mise en place du référentiel RSE s'est notamment opérée en forte synergie avec le CNES, l'IFPEN, le CIRAD, l'IRSN et récemment l'ONF. Ces rapprochements ont permis de conforter nos choix mais également de proposer des ambitions co-construites, notamment autour des sujets d'une mobilité plus vertueuse, d'un numérique responsable, d'achats durables et responsables...

Plus spécifiquement, il faut noter que des actions spécifiques se poursuivent au sein de l'Ifremer comme par exemple l'organisation de deux sessions de sensibilisation des salariés à la stratégie RSE lors de la semaine du développement durable, ou encore le déploiement d'une politique de réduction massive des déchets en collaboration avec le projet Interreg *Preventing Plastic Pollution*. Ce projet a contribué par son volet « déploiement de pratiques exemplaires de réduction des usages des plastiques dans nos établissements » à sensibiliser les salariés du site de Plouzané et déployer des flux de traitements optimisés visant à assurer la valorisation des plastiques.

ÉTHIQUE, DÉONTOLOGIE ET INTÉGRITÉ SCIENTIFIQUE

INTERVIEW DE MARIANNE ALUNNO-BRUSCIA SUR LE DEVOIR D'EXEMPLARITÉ DE L'IFREMER.



MARIANNE ALUNNO-BRUSCIA, DÉLÉGUÉE À LA DÉONTOLOGIE ET À L'INTÉGRITÉ SCIENTIFIQUE © Ifremer

EN QUOI CONSISTE CE POSTE ? QUELLES SONT VOS MISSIONS ?

Notre contrat d'objectifs et de performance, ainsi que notre projet d'institut à l'horizon 2030, engagent l'Ifremer, auprès de ses trois ministères de tutelle, à œuvrer comme « l'Institut de référence en sciences et technologies marines ouvert sur la société ». En conséquence, notre établissement a des devoirs en matière d'intégrité scientifique et d'éthique. Cette nécessaire excellence est garante de la crédibilité et de la confiance accordées par la société et la communauté scientifique à nos travaux de recherche, d'expertise et d'innovation.

À l'instar d'autres organismes de recherche en France et en Europe, l'Ifremer a souhaité confier ces questions d'intégrité scientifique, d'éthique et de déontologie à un délégué. Aujourd'hui, mes missions consistent à animer et faire avancer la réflexion en cours sur les questions d'intégrité et d'éthique liées aux activités de l'Ifremer, et sur les principes régissant les comportements individuels des personnels de notre établissement, dans leur diversité et leur complexité. Elles sont de trois ordres.

En matière d'intégrité scientifique et de déontologie, je vais poursuivre, en collaboration avec Doriane Ibarra, la formation initiée auprès des chercheurs, en l'étendant aux différents personnels scientifiques de l'Ifremer. Je vais promouvoir, et faire évoluer si nécessaire, les outils existants : les différentes chartes Ifremer de déontologie, des doctorants, de l'expertise et de l'avis, ainsi que les recommandations en matière de critères de signature des publications, l'attestation d'absence de liens d'intérêts, et la procédure pour le recueil et le traitement des signalements relatifs à l'intégrité scientifique.

En matière d'éthique, l'Ifremer est membre depuis 2016 du Comité consultatif commun d'éthique Inrae-Cirad-Ifremer-IRD. Ce comité examine et rend des avis sur les sujets d'éthique soulevés par les activités de recherche dans les domaines de l'alimentation, l'agriculture, la mer, l'environnement et le développement durable, notamment au travers des relations entre sciences et société. En rejoignant le secrétariat de ce comité assuré conjointement par les quatre organismes, ma mission est de faciliter et faire connaître les travaux du comité au sein de l'Ifremer et en dehors de notre institut. Par ailleurs, un dispositif de certification de conformité éthique des projets de recherche est en cours d'élaboration au sein de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (AllEnvi). Il s'agira de le mettre en œuvre à l'Ifremer, en l'adaptant si nécessaire.

En matière d'alertes en santé publique et d'environnement, je veillerai à la mise en œuvre de la procédure concernant l'enregistrement des signalements en créant notamment un registre qui garantisse la confidentialité de l'identité des lanceurs d'alerte et des personnes mises en cause (loi Blandin).

POURQUOI CE CHANGEMENT DE TRAJECTOIRE ?

Depuis ma formation doctorale et post-doctorale à l'étranger (Canada, Pays-Bas), j'ai construit mon métier de chercheuse par le développement de compétences et d'expertises scientifiques, toujours au regard de valeurs morales : honnêteté intellectuelle, responsabilité et loyauté. Ces valeurs reposent sur une double exigence, individuelle et institutionnelle, que ce soit dans les relations humaines au sein des équipes, et dans la pertinence et la responsabilité de nos activités de recherche. J'estime important de développer et de promouvoir ces valeurs qui constituent le socle commun aux différents métiers de notre institut. Nos façons de travailler peuvent être remises en question par la société, ou les autorités auxquelles nous fournissons des réponses. Inciter à questionner nos façons de faire pour les rendre exemplaires en m'appuyant sur mon expérience de chercheuse, tel est mon nouveau défi !

SYSTÈME DE MANAGEMENT DE LA QUALITÉ

À l'issue d'un audit mobilisant les équipes de cinq sites métropolitains et deux sites outre-mer, le certificat de conformité au référentiel ISO 9001 est maintenu. Les auditeurs n'ont retenu aucune non-conformité. Ils ont exprimé des pistes de progrès qui ont fait l'objet d'une analyse immédiate par l'équipe de la coordination nationale qualité : les actions retenues ont été portées dans l'outil Gaia destiné à gérer les actions d'amélioration du système de management de la qualité de l'Ifremer. Un travail a été poursuivi pour faire converger les indicateurs du système qualité et les indicateurs du contrat d'objectifs, de manière à pouvoir apporter des éléments de mesure en matière d'atteinte des objectifs de la politique qualité. L'année 2020 a vu le départ en retraite du coordinateur national de la qualité dont le remplacement a été effectué par le recrutement d'une coordinatrice nationale qui sera doublement en charge de la qualité et de la sécurité à partir du 1^{er} février 2021.

DONNÉES BUDGÉTAIRES ET FINANCIÈRES

Les principales données comptables et financières significatives pour l'exercice 2020 sont les suivantes :

Résultat comptable	61 397 k€
Capacité d'autofinancement	15 079 k€
Fonds de roulement	114 301 k€
Trésorerie	122 050 k€

LES RESSOURCES :

L'ensemble des produits de l'Institut s'est élevé à 293,663 millions d'euros sur l'exercice 2020 :

- les subventions publiques (pour charges de service public et de fonctionnement en provenance de l'État et autres entités publiques) se sont élevées à 205,140 millions d'euros ;
- les produits directs d'activité se sont élevés à 88,52 millions d'euros. Ce produit est porté par une recette exceptionnelle issue de la vente des titres de CLS. En effet, après avoir accompagné le développement de la société CLS depuis plus de 30 ans dans son usage du spatial au service de la planète, l'Ifremer et Ardian ont cédé leurs parts de cette société. La ressource correspondante au produit de cette vente des titres a été réinvestie d'une part au service des priorités scientifiques et technologiques de l'Institut dans le cadre d'un plan d'investissement scientifique exceptionnel ; d'autre part dans la société Kinéis à travers laquelle l'Ifremer participera au déploiement à l'horizon 2022 de la première constellation de de nanosatellites pour le développement de l'internet des objets sur l'ensemble de la planète

L'Institut a par ailleurs comptabilisé 7,29 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 232,26 millions d'euros sur l'exercice 2020 :

- les charges liées directement à l'activité se sont élevées à 127,54 millions d'euros ;
- les charges de personnel s'établissent à 104,71 millions d'euros. Les effectifs s'établissent à 1549 ETPT.

En matière de dépenses d'investissement, le montant exécuté s'élève à 26 106 millions d'euros sur l'exercice 2020.

LA SITUATION PATRIMONIALE

Le total du bilan s'établit à 408 328 millions d'euros à fin 2020. Les éléments principaux à retenir sont :

- une trésorerie s'établissant à 122,05 millions d'euros;
- 57,08 millions d'euros de créances clients (46,80 millions d'euros détenus sur des entités publiques) et 10,28 millions d'euros de dettes fournisseurs;
- un actif immobilisé net valorisé à 687,16 millions d'euros.

LES AUTORISATIONS BUDGÉTAIRES

- Les autorisations d'engagement (AE) se sont établies en 2020 à 243,80 millions d'euros;
- les crédits de paiement (CP) ont été utilisés à hauteur de 229,45 millions d'euros;
- les recettes encaissées se sont élevées à 276,68 millions d'euros;
- le solde budgétaire est donc en excédent de 47,22 millions d'euros pour 2020.

EN CONCLUSION

La situation financière de l'Institut est tout à fait saine. L'Institut affiche un niveau final du fonds de roulement très important (114 millions d'euros). Ces 114 M€ de fonds de roulement sont à mettre en perspective du grand plan d'investissement de l'Institut présenté lors du conseil d'administration du mois d'octobre 2020 qui donne une vision globale de la capacité d'investissement à moyen terme de l'Institut au-delà de la capacité d'investissement courante qui doit être préservée (en autofinancement) pour des opérations de plus faibles ampleurs. Ce grand plan d'investissement se décline en trois segments.

LA PROGRAMMATION À MOYEN TERME DE LA FLOTTE

Le PMT Flotte (Cf. chapitre 5 et le rapport annuel de la flotte océanographique française) répond d'une part, à une recommandation de la Cour des comptes suite à son examen des exercices 2009-2017 de l'Ifremer (recommandation n° 8) et, d'autre part, à un engagement du contrat d'objectifs et de performance 2019-2023 de l'Ifremer (action n° 23). Les grands principes sont les suivants :

- le maintien d'une capacité hauturière dans les trois grands océans, avec notamment des opérations

de jouvence de l'*Atalante* et du *Pourquoi pas ?*;

- le maintien d'une capacité d'exploration des environnements profonds avec la construction d'un nouveau HROV capable d'opérer à 6000 m;
- la concentration des moyens côtiers et régionaux de 6 à 5 navires;
- l'amélioration des performances environnementales de la flotte.

LE PLAN D'INVESTISSEMENT IMMOBILIER

Le P2I identifie les sites devant prioritairement faire l'objet d'investissements lourds d'ici 2030.

Sur le site de Plouzané : rationalisation de l'ensemble des plateaux et ateliers techniques des sciences de l'ingénieur, des plateformes analytiques et expérimentales en chimie et en biologie, conduisant à supprimer les structures techniques isolées au profit d'un projet de bâtiment expérimental modulaire dédié.

Sur le site de Nantes : création d'un complexe expérimental permettant d'accompagner le développement des activités scientifiques et techniques, avec une séparation entre les activités techniques et expérimentales et les activités de bureau. Cela passe par la rénovation ou la reconstruction des deux principaux bâtiments (S et T) du site.

Sur les sites de Sète-Palavas-Montpellier : saisie de l'opportunité du projet Celimer pour structurer les activités analytiques et expérimentales des sites en faisant de Palavas une plate-forme expérimentale multi-usages d'accueil et en recentrant sur Sète les plateformes analytiques et les équipes de recherche ayant vocation à utiliser ces plateformes.

LE PLAN D'INVESTISSEMENT EXCEPTIONNEL

Le PIE (Cf. chapitre 8, interview de P. Vincent) a un double objectif :

- **réinvestir** une partie de nos ressources au service de nos priorités scientifiques, pour amplifier et accélérer la mise en œuvre du projet d'Institut à l'horizon 2030 et du contrat d'objectifs et de performance;
- consacrer cette ressource à la **recherche et à l'innovation** dans une double logique de création d'actifs et de renforcement de partenariats stratégiques.



Annexes

BILAN À LA CLÔTURE AVANT AFFECTATION DU RÉSULTAT

BILAN ACTIF	2020 BRUT	AMORTISSEMENTS ET DÉPRÉCIATIONS	2020 NET	2019 NET
ACTIF IMMOBILISÉ				
IMMOBILISATION INCORPORELLES	54 429 267,56	39 144 849,83	15 284 417,73	17 030 782,22
IMMOBILISATIONS CORPORELLES	617 690 905,42	418 399 061,52	199 291 843,90	209 330 647,06
Terrains	8 732 585,29	1 890 009,23	6 842 576,06	6 704 054,06
Constructions	125 973 143,98	85 350 683,98	40 622 460,00	40 966 563,00
Installations techniques, matériels et outillage	397 515 394,43	299 266 945,43	98 248 449,00	90 828 154,00
Collections	872 856,49	0,00	872 856,49	872 856,49
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00
Autres immobilisations corporelles	36 556 181,88	31 891 422,88	4 664 759,00	1 959 226,00
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00
Immobilisations corporelles en cours	622 426,08	0,00	622 426,08	8 417 473,72
Avances et acomptes sur commandes	47 418 317,27	0,00	47 418 317,27	59 582 319,79
Immobilisations grevées de droits	0,00	0,00	0,00	0,00
Immobilisations corporelles (biens vivants)	0,00	0,00	0,00	0,00
IMMOBILISATIONS FINANCIÈRES	15 046 139,81	342 194,61	14 703 945,20	11 082 446,63
TOTAL ACTIF IMMOBILISÉ	687 166 312,79	457 886 105,96	229 280 206,83	237 443 875,91

ACTIF CIRCULANT

STOCKS	0,00	0,00	0,00	0,00
CRÉANCES	57 087 691,61	90 332,62	56 997 358,99	52 160 376,96
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques) des organismes internationaux et la Commission européenne	46 803 720,82	0,00	46 803 720,82	41 008 378,22
Créances clients et comptes rattachés	3 967 865,29	90 332,62	3 877 532,67	6 153 075,84
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00	0,00	0,00	0,00
Avances et acomptes versés sur commandes	190 519,17	0,00	190 519,17	4 550 896,36
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	6 125 586,33	0,00	6 125 586,33	448 026,54
CHARGES CONSTATÉES D'AVANCE	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL ACTIF CIRCULANT	57 087 691,61	90 332,62	56 997 358,99	52 160 376,96

TRÉSORERIE

Valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	0,00	0,00
Disponibilités	122 050 683,29	0,00	122 050 683,29	68 436 421,51
Autres	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL TRÉSORERIE	122 050 683,29	0,00	122 050 683,29	68 436 421,51
Comptes de régularisation	0,00	0,00	0,00	0,00
Écarts de conversion Actif	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL GÉNÉRAL	866 304 687,69	457 976 438,58	408 328 249,11	358 040 674,38

BILAN À LA CLÔTURE AVANT AFFECTATION DU RÉSULTAT

BILAN PASSIF	2020	2019
FONDS PROPRES		
FINANCEMENTS REÇUS	160 142 355,04	172 706 577,85
Financement de l'actif par l'État	108 071 920,43	120 151 978,77
Financement de l'actif par des tiers	37 200 255,63	36 969 676,10
Fonds propres des fondations	0,00	0,00
Écarts de réévaluation	14 870 178,98	15 584 922,98
RÉSERVES	63 164 159,37	36 225 405,75
REPORT À NOUVEAU	19 104 507,72	22 919 179,90
RÉSULTAT DE L'EXERCICE	61 397 916,22	26 224 009,62
PROVISIONS RÉGLEMENTÉES	0,00	0,00
TOTAL FONDS PROPRES	303 808 938,35	258 075 173,12
PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES		
Provisions pour risques	2 954 700,04	4 564 035,28
Provisions pour charges	36 728 110,67	38 714 762,58
TOTAL PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES	39 682 810,71	43 278 797,86
DETTES FINANCIÈRES		
Emprunts obligataires	0,00	0,00
Emprunts souscrits auprès des établissements financiers	0,00	0,00
Dettes financières et autres emprunts	0,00	3 448,41
TOTAL DETTES FINANCIÈRES	0,00	3 448,41
DETTES NON FINANCIÈRES		
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	7 874 012,45	11 893 348,26
Dettes fiscales et sociales	27 773 972,63	19 571 933,42
Avances et acomptes reçus	26 393 163,13	22 149 167,98
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	10 873,74	10 873,74
Autres dettes non financières	2 154 615,98	2 515 195,24
Produits constatés d'avance	629 862,12	272 078,20
TOTAL DETTES NON FINANCIÈRES	64 836 500,05	56 412 596,84
TRÉSORERIE		
Autres éléments de trésorerie passive	0,00	270 658,15
TOTAL TRÉSORERIE	0,00	270 658,15
Comptes de régularisation	0,00	0,00
Écarts de conversion Passif	0,00	0,00
TOTAL GÉNÉRAL	408 328 249,11	358 040 674,38

COMPTES DE RÉSULTAT

CHARGES	2020	2019
CHARGES DE FONCTIONNEMENT		
ACHATS	0,00	0,00
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	93 550 076,08	86 935 498,07
CHARGES DE PERSONNEL	95 306 302,94	96 954 841,17
Salaires, traitements et rémunérations diverses	65 256 136,17	66 681 368,42
Charges sociales	25 903 313,59	25 138 279,42
Intéressement et participation	0,00	0,00
Autres charges de personnel	4 146 853,18	5 135 193,33
AUTRES CHARGES DE FONCTIONNEMENT	16 197 845,08	11 158 230,35
DOTATION AUX AMORTISSEMENTS, DÉPRÉCIATIONS, PROVISIONS ET VALEURS NETTES COMPTABLES DES ACTIFS CÉDÉS	26 339 002,79	19 612 381,17
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT	231 393 226,89	214 660 950,76
CHARGES D'INTERVENTION		
DISPOSITIF D'INTERVENTION POUR COMPTE PROPRE	5 000,00	55 453,08
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	5 000,00	55 453,08
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	5 000,00	55 453,08
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION	231 398 226,89	214 716 403,84
CHARGES FINANCIÈRES		
Charges d'intérêt	119,08	1 440,33
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00
Pertes de change	20 812,49	18 146,69
Autres charges financières	0,00	0,00
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	249 093,05	2 649,50
TOTAL CHARGES FINANCIÈRES	270 024,62	22 236,52
IMPÔT SUR LES SOCIÉTÉS	597 638,00	59 441,00
RÉSULTAT DE L'ACTIVITÉ (BÉNÉFICE)	61 397 916,22	26 224 009,62
TOTAL CHARGES	293 663 805,73	241 022 090,98

COMPTES DE RÉSULTAT

PRODUITS	2020	2019
PRODUITS DE FONCTIONNEMENT		
PRODUITS SANS CONTREPARTIE DIRECTE (OU SUBVENTIONS ET PRODUITS ASSIMILÉS)	205 140 169,48	208 099 063,96
Subventions pour charges de service public	173 359 654,00	168 051 185,00
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	31 773 015,48	40 043 878,96
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	7 500,00	4 000,00
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00
PRODUITS AVEC CONTREPARTIE DIRECTE (OU PRODUITS DIRECTS D'ACTIVITÉ)	68 217 557,08	16 466 315,97
Ventes de biens ou prestations de services	13 303 651,20	15 143 993,54
Produits de cessions d'éléments d'actif	52 712 407,92	19 262,24
Autres produits de gestion	2 201 497,96	1 303 060,19
Production stockée et immobilisée	0,00	0,00
AUTRES	19 934 843,19	16 310 925,47
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	6 997 236,60	3 625 867,37
Reprises du financement rattaché à un actif	12 937 606,59	12 685 058,10
TOTAL PRODUITS DE FONCTIONNEMENT	293 292 569,75	240 876 305,40
PRODUITS FINANCIERS		
PRODUITS DES PARTICIPATIONS ET DES PRÊTS	8 988,90	122 141,96
Produits nets sur cessions des immobilisations financières	0,00	0,00
Intérêts sur créances non immobilisées	0,00	8 972,02
Produits des valeurs mobilières de placement et de la trésorerie	0,00	0,00
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00
Gains de change	12 268,11	14 671,60
Autres produits financiers	0,00	0,00
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	349 978,97	0,00
TOTAL PRODUITS FINANCIERS	371 235,98	145 785,58
RÉSULTAT DE L'ACTIVITÉ (PERTE)	0,00	0,00
TOTAL PRODUITS	293 663 805,73	241 022 090,98

CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 31 DÉCEMBRE 2020

PRÉSIDENT

François HOULLIER,
Président — Directeur général

REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

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

Mme Lise FECHNER, titulaire
M. Didier MARQUER, suppléant

MINISTÈRE CHARGÉ DE LA MER

M. Thierry COURTINE, titulaire
Mme Marie FEUCHER, suppléante

MINISTÈRE CHARGÉ DES PÊCHES MARITIMES ET DES CULTURES MARINES

M. Laurent BOUVIER, titulaire
Mme Laureline GAUTHIER, suppléante

MINISTÈRE DE L'EUROPE ET DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

M. Jérémie FORRAT-JAIME, titulaire
M. Baptiste BONDU, suppléant

MINISTÈRE DES ARMÉES

M. Gilles BOIDEVEZI, titulaire
M. Bertrand DRESCHER, suppléant

MINISTÈRE CHARGÉ DE L'INDUSTRIE

Mme Laurence MEGARD, titulaire
M. Hugues de FRANCLIEU, suppléant

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE LA RELANCE

Mme Isabelle THIRION, titulaire
M. Colin THOMAS, suppléant

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Mme Fabienne RICARD, titulaire
Mme Isabelle TERRIER, suppléante

EN RAISON DE LEUR COMPÉTENCE DANS LES DOMAINES D'INTERVENTION DE L'INSTITUT

Mme Françoise GAILL
M. Julien LAMOTHE
M. Frédéric MONCANY DE SAINT-AIGNAN

AU TITRE DES RESSOURCES VIVANTES

Mme Elsa CORTIJO
Mme Valérie VERDIER

REPRÉSENTANT ÉLUS DU PERSONNEL DE L'IFREMER

CFDT Mme Catherine TREGUIER
M. Loïc LE DEAN
Mme Marie-Anne CAMBON BONAVITA
M. Abdellah BENABDELMOUNA

CGT M. Eric ABADIE
Mme Carla SCALABRIN
M. Jean-Michel SCHRAMM

MEMBRES AVEC VOIX CONSULTATIVES

COMMISSAIRE DU GOUVERNEMENT

Vincent MOTYKA

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA MER

Denis ROBIN
Patrick AUGIER, suppléant

CONTRÔLE GÉNÉRAL ÉCONOMIQUE ET FINANCIER

Philippe DEBET

MINISTÈRE DES OUTRE-MER

Camille SERVETTO

PRÉSIDENT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DE L'IFREMER

Patrick LANDAIS

AGENT COMPTABLE PRINCIPAL DE L'IFREMER

Didier JAOUEN

COMITÉ SCIENTIFIQUE AU 31 DÉCEMBRE 2020

PRÉSIDENT DU COMITÉ SCIENTIFIQUE DE L'IFREMER

Patrick LANDAIS

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
Edwige QUILLET
Hervé ROQUET
Frédérique VIARD

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

INVITÉS PERMANENTS

Nicolas ARNAUD
Didier GASCUEL
François LALLIER
Frédéric MENARD
Sylvie REBUFFAT

SECRÉTARIAT

Anne RENAULT,
directrice scientifique de l'Ifremer

COMITÉ D'ÉTHIQUE COMMUN

En matière d'éthique sociale de la recherche, l'institut partage avec trois autres organismes de recherche, l'INRAE, le Cirad et l'IRD, un comité consultatif indépendant. Il dispose ainsi d'un cadre de réflexion sur ses activités et leurs potentielles conséquences.

PRÉSIDENT

Axel KAHN

VICE-PRÉSIDENT

Michel BADRE

CONSEIL DE DIRECTION DE LA SASU GENAVIR

Conformément aux statuts de la société, le conseil de direction de la SASU Genavir, s'est réuni pour autoriser le président et le directeur général de la société à prendre et mettre en place les décisions nécessaires au bon fonctionnement. Les décisions ont principalement concerné la phase de démarrage de la société et les pratiques d'armement dans la période inédite de crise sanitaire ayant conduit à définir des directives et des mesures fortes pour l'embarquement à bord des navires et à s'adapter à une programmation révisée de la flotte océanographique française.

PRÉSIDENT

Patrick VINCENT

DIRECTEUR GÉNÉRAL

Éric DERRIEN

ORGANISATION GÉNÉRALE AU 1^{ER} MARS 2021

FONCTIONNAIRE SÉCURITÉ & DÉFENSE

Antoine Dosdat

DÉLÉGUÉE À LA DÉONTOLOGIE ET À L'INTÉGRITÉ SCIENTIFIQUE

Marianne Alunno-Bruscia

DÉLÉGUÉ À LA PROTECTION DES DONNÉES (RGPD)

MISSION DD & RSE

Jean-Marc Sinquin

COORDINATRICE NATIONALE QUALITÉ-SÉCURITÉ

Marie-Laure Chao

François Houllier
PRÉSIDENT DIRECTEUR GÉNÉRAL

Patrick Vincent
DIRECTEUR GÉNÉRAL DÉLÉGUÉ

AGENCE COMPTABLE

Didier Jaouen



Éric Derrien
(directeur général)



Jean-Marc Daniel
(directeur)

5 CENTRES DANS LES TROIS GRANDS OCÉANS

**MANCHE -
MER DU NORD**
Dominique
Godefroy

BRETAGNE
Valérie
Mazauric

ATLANTIQUE
Pierre
Labrosse

MÉDITERRANÉE
Vincent
Rigaud

PACIFIQUE
Patrick
Vidal

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Anne Renault

COORDINATION DE L'EXPERTISE EN APPUI AUX POLITIQUES PUBLIQUES

Léa Marty

DIRECTION DU PARTENARIAT ET DU TRANSFERT POUR L'INNOVATION

Romain Charraudeau

**DÉPARTEMENT
RESSOURCES
BIOLOGIQUES
ET ENVIRONNEMENT**
Tristan Renault
• 16 unités

**DÉPARTEMENT
RESSOURCES PHYSIQUES
ET ÉCOSYSTÈMES
DE FOND DE MER**
Jean-Marc Daniel
• 3 unités

**DÉPARTEMENT
OCÉANOGRAPHIE
ET DYNAMIQUE
DES ÉCOSYSTÈMES**
Philippe Riou
• 3 unités & 1 service

DÉPARTEMENT INFRASTRUCTURES DE RECHERCHE ET SYSTÈMES D'INFORMATION

Gilbert Maudire • 6 unités & services

DIRECTION DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE

Olivier Lefort • 2 unités & 1 service

**DIRECTION DES
AFFAIRES EUROPÉENNES
ET INTERNATIONALES**
Natalia Martin
Palenzuela

**DIRECTION
DE LA COMMUNICATION
ET DES RELATIONS
INSTITUTIONNELLES**
Sofia Nadir

**DIRECTION
DES RESSOURCES
HUMAINES**
Stéphane Bergeret

**DIRECTION
ADMINISTRATIVE,
JURIDIQUE ET FINANCIÈRE**
Laurent Couret

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* **11**

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

DÉLÉGATION GUYANE

IMPLANTATION **1971**

EFFECTIF* **5**

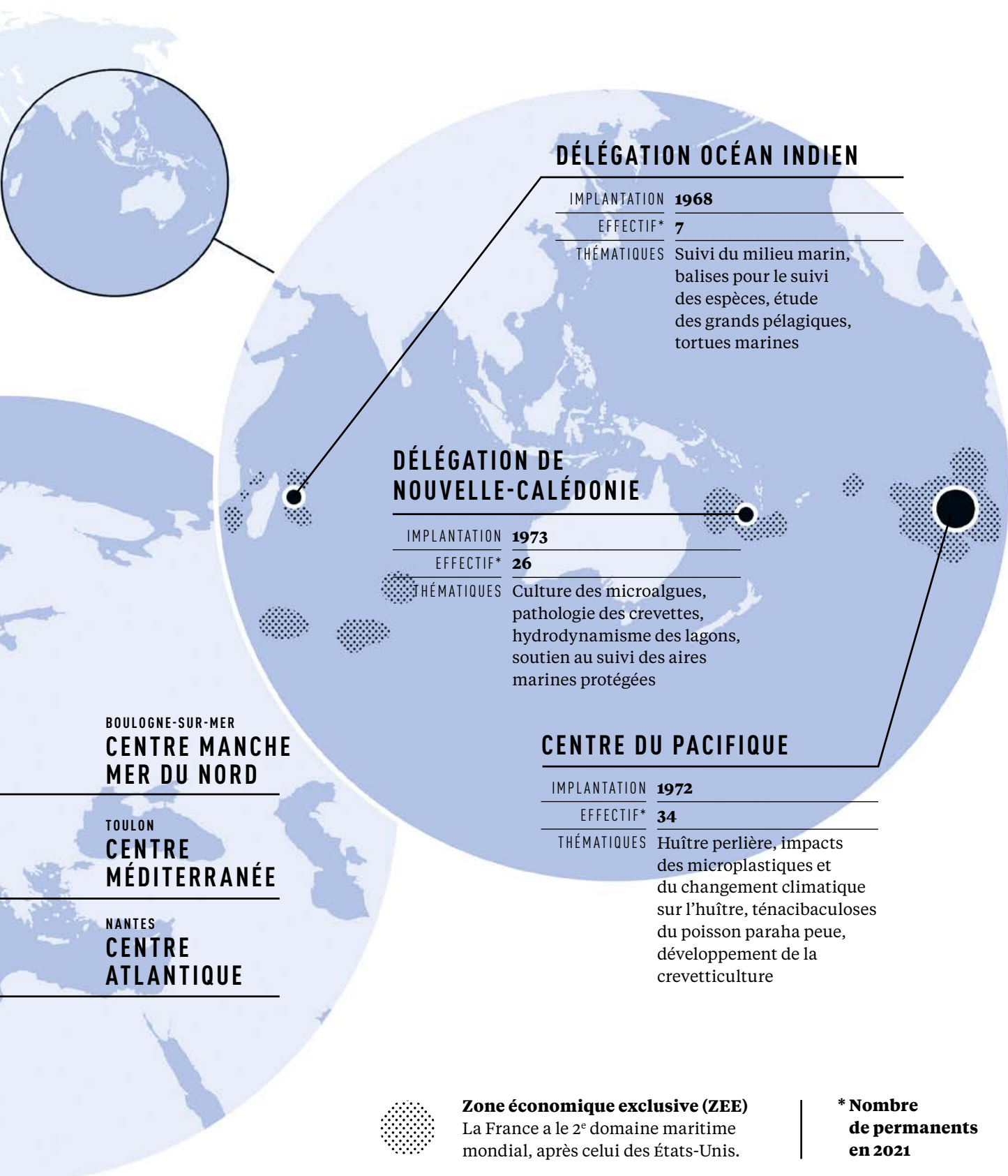
THÉMATIQUES Biodiversité halieutique, viabilité des pêcheries, services écosystémiques des mangroves, sargasses

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* **7**

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.

* **Nombre
de permanents
en 2021**



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.

Écriture
Éric Robert — Dire l'Entreprise

Conception graphique
Jérémy Barrault

Impression
Média Graphic

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



