

Une année de sciences océaniques

2013

2013

2023

Des abysses à la surface, de la côte au large, l'Ifremer est l'institut de recherche français entièrement dédié à l'Océan.

5

Rapport annuel de l'Ifremer

Sommaire 2023

6 Éditos	
8 Chiffres clés 2023	
10 Les temps forts de 2023	
14 La Flotte océanographique française dans le monde	15 Flotte océanographique française : des campagnes scientifiques majeures en 2023 16 Le navire <i>L'Atalante</i> au secours du sous-marin <i>Titan</i> 17 La Flotte océanographique française se réinvente
19 Protéger et restaurer les mers et l'océan	20 Connaître, préserver et restaurer la biodiversité marine et les écosystèmes 24 Comprendre les interactions entre le climat et l'océan 28 Anticiper les événements extrêmes (climatiques, telluriques) et leurs impacts, les prévenir et s'y adapter 32 Tracer et limiter les impacts des activités humaines, des pollutions et des contaminants chimiques, physiques et biologiques
36 Gérer durablement les ressources marines pour le bien-être des sociétés humaines	37 Assurer la durabilité de la pêche et de l'aquaculture 40 Garantir la santé des écosystèmes marins et la sécurité sanitaire des produits de la mer 42 Évaluer les enjeux liés aux grands fonds marins et à leurs ressources 45 Innover pour une industrie maritime responsable, dérisquée, durable et digitale 48 Développer les biotechnologies marines
51 Construire et partager un océan numérique	52 Concevoir et opérer des infrastructures de recherche ouvertes 55 Observer l'océan : concevoir, déployer et piloter des capteurs et des systèmes de mesure 58 Prévoir l'océan du futur 60 Rendre accessible l'information sur le milieu marin et ses usages
62 Accompagnement et soutien	63 Responsabilité sociale et sociétale de l'Ifremer : des avancées significatives pour répondre aux enjeux de transition 65 Management de la qualité : la confiance, moteur du dispositif d'amélioration continue 66 Ressources humaines et dialogue social 68 Données budgétaires et financières 70 Compte de résultat
72 Gouvernance et organisation	73 Conseil d'administration 74 Comité des parties prenantes 76 Comité scientifique 77 Intégrité scientifique, éthique et déontologie : pour une recherche responsable 78 Comité social et économique central (CSE-C) 79 Organisation des unités de recherche et d'appui à la recherche 80 Organisation générale au 1 ^{er} juin 2024

Édito

Pierre Bahurel, directeur général de Mercator Océan International



© JTVB Production

De Brest à Nice, de 2022 à 2025, du One Ocean Summit à la conférence des Nations Unies sur l'Océan, la France s'est placée en première ligne pour impulser un changement pour une gouvernance plus offensive et plus dynamique en faveur de l'Océan. Trois ans, c'est court et chacune des décisions attendues a sa part de défi mais 2023 nous a donné quelques gages avec, par exemple, l'adoption du Traité international sur la conservation de la biodiversité au-delà des juridictions nationales, ce traité BBNJ si longtemps attendu.

L'Océan a déjà besoin de décisions courageuses, mais plus le temps passera, plus ces décisions seront essentielles et difficiles et viendront bousculer des situations établies : pouvoir s'adosser à la solidité du savoir scientifique au moment de la décision et pouvoir éclairer l'impact de celle-ci grâce à des outils fiables et certifiés deviendra alors indispensable.

Nous pouvons apporter trois éléments essentiels pour accompagner ce changement et l'Ifremer est au cœur de chacun d'eux, comme ce rapport en témoigne.

D'abord la connaissance. Ce rapport d'activité 2023 de l'Ifremer en est un concentré. Il parcourt pour nous l'Océan dans toutes ses dimensions — tendances climatiques et événements soudains, physique et biogéochimie, biodiversité et activités humaines, avis d'experts et données numériques, défi de recherche et prouesse technologique — et nous livre un état des lieux où les organisations internationales et les citoyens, les personnels de l'institut et ses parties prenantes se mobilisent pour proposer une connaissance à l'état de l'art.

Ensuite une plateforme de services. Une infrastructure numérique capable d'agréger et structurer cette connaissance pour la transformer en services d'information.

Associé au CNES, au CNRS, à l'IRD, à Météo-France et au SHOM, l'Ifremer a créé Mercator Océan il y a 25 ans pour cette raison. L'idée se prolonge aujourd'hui dans celle d'un jumeau numérique de l'Océan porté ardemment par la Commission Européenne et sa Mission Océan. L'idée est restée la même — amener la connaissance là où la décision se prend — en l'augmentant de ce que le numérique propose aujourd'hui : intelligence artificielle, outils d'interactivité, capacité de mises en réseau et d'interconnexions de solutions locales.

Et enfin une gouvernance adaptée à la rapidité d'action : créer un lieu où décision, savoir et opérations se côtoient, où l'on peut analyser, décider, et agir dans un même mouvement. Dans ce dialogue entre puissance d'États, savoir scientifique et capacité opérationnelle, nous pouvons impliquer davantage les États dans la gouvernance de la science opérationnelle — c'est ce que l'Ifremer entreprend en transformant sa filiale Mercator Ocean en organisation intergouvernementale — et nous pouvons inviter les scientifiques dans les lieux et moments de décision des États — c'est le projet du congrès scientifique organisé par l'Ifremer et le CNRS pour ouvrir à Nice la conférence des Nations Unies sur l'Océan. Sur ces trois éléments, l'année 2023 a créé les impulsions nécessaires pour construire l'outil d'aide à la décision dont cette nouvelle gouvernance dynamique des océans a besoin. Poursuivons.

Édito

Francois Houllier, président-directeur général de l'Ifremer



© Franck Betermin

En 2023, à la veille de ses 40 ans, l'Ifremer a accéléré son engagement pour les transitions.

A l'heure d'écrire ces lignes, l'Ifremer célèbre 40 ans d'engagement pour l'océan, 40 ans d'explorations, recherches et découvertes, d'innovations et solutions partagées, qui éclairent notre avenir. Présent dans l'hexagone et les outre-mer, il est fier d'être, depuis 4 décennies, l'Institut de recherche français entièrement dédié à l'océan — de la côte au large, de la surface aux abysses — et de projeter, grâce à la Flotte océanographique française, la communauté scientifique sur l'océan global. En 2023, sa volonté d'être un acteur des transitions a été un fil rouge de ses activités.

Les transitions s'abordent à l'aune de l'observation des évolutions du climat, des ressources, des pollutions, et de la compréhension du rôle que joue l'homme dans ces changements.

L'Ifremer dispose d'une force unique : de longues séries temporelles qui, grâce à l'observation et à l'expertise de ses scientifiques, ouvrent la voie vers la connaissance des trajectoires de l'océan et de la planète. Ces données sont un socle indispensable pour anticiper l'avenir grâce à la modélisation. En 2023 : la mise en cohérence des dispositifs d'observation de l'océan a été lancée dans le cadre du French Ocean Observing System ; JERICO, le réseau européen d'observatoires côtiers, s'est projeté pour devenir un consortium européen d'infrastructure de recherche ; et, seul centre de données entièrement dédié à l'océan en France, le supercalculateur Datarmor a été modernisé.

Faire science en société, c'est l'ADN de l'Ifremer, depuis toujours et pour longtemps. Fidèle aux liens tissés avec les professionnels de la mer depuis 40 ans, l'Ifremer travaille à la compréhension de l'évolution des socio-écosystèmes.

En 2023, le projet Retroscope a regardé dans le rétroviseur de la conchyliculture pour aider les acteurs à mieux préparer l'avenir. Dans le même temps, grâce au projet Microco2sme sur la résilience de l'huître plate, les chercheurs ont noué une nouvelle relation avec le grand public en menant pendant 10 mois leurs travaux « face public ».

En 2023, l'Ifremer a aussi agi pour faire émerger les solutions en faveur des transitions et réduire son propre impact sur les océans et la planète.

L'Ifremer a consolidé son ancrage dans le domaine des énergies marines renouvelables (EMR), en soutenant la politique de l'État par ses recherches technologiques et ses capacités d'essai, comme par ses expertises sur les impacts écologiques ou socio-économiques du déploiement des EMR. Pour la durabilité des ressources marines, il a dressé un premier bilan de la durabilité de la pêche en outre-mer.

En tant qu'opérateur de la Flotte océanographique française, il a lancé une démarche prospective ouverte à l'ensemble de ses usagers et avec un objectif prioritaire de décarbonation des campagnes scientifiques. Il a aussi formalisé et accéléré la mise en œuvre de sa politique de Responsabilité sociale de l'entreprise (RSE).

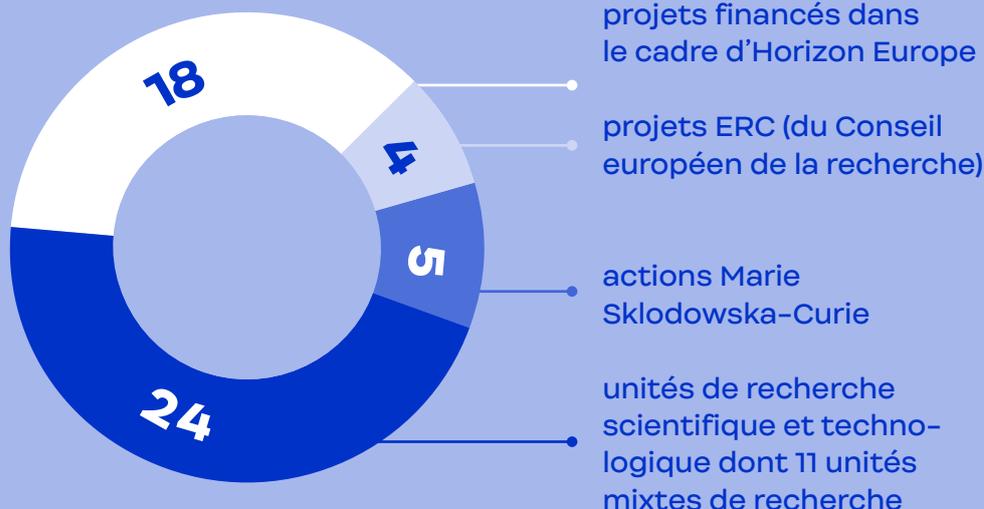
En 2024, maintenons le cap vers des transitions pour une science responsable, soutenant la compréhension des changements et du rôle de l'Océan, résolument tournée vers les autres acteurs de la société et mettant à l'honneur l'océan en tant que puissant levier d'action du changement. Le cap sur le congrès « One Ocean Science: Science for Ocean Action » qui se tiendra à Nice en juin 2025 : les sciences océaniques pour éclairer la gouvernance des mers et de l'océan.

Chiffres clés 2023

Recherche

484

publications
de recherche



Expertise

105

avis ou
expertises
produits

Innovation

17

déclarations
d'invention

110

collaborations
avec des
entreprises

Ressources humaines

1572

salariées et salariés

dont **47%**
de femmes

797

scientifiques,

dont **111**

titulaires d'habilitation
à diriger les recherches (HDR)

775

ingénieurs, techniciens
et administratifs en appui
à la science

137 doctorants dans
nos laboratoires

887 salariés formés
en 2023

Budget

263,5

millions d'euros
de dépenses

31,7

millions d'euros
d'investissements

Les temps forts de 2023

Janvier

BATIMER ouvre ses portes au centre Ifremer à Nantes



Le site nantais de l'Ifremer s'est doté d'un nouveau bâtiment de 3000 m² dédié à l'étude des microalgues toxiques et nuisibles, à l'observation et la restauration des écosystèmes côtiers et, à la coordination de l'observation halieutique. L'objectif est de renforcer les synergies autour de la thématique « santé des écosystème marins pour une santé unique » et de développer les partenariats extérieurs dans ce domaine. Grâce à ses hautes performances environnementales, le bâtiment permet des économies d'énergie de 65 % par rapport aux installations pré-existantes sur la partie à usage de bureau.

Ce projet a été financé par le plan de relance européen, l'État, la région Pays de la Loire, le Fonds européen de développement régional et Nantes métropole.

BATIMER (BATiment Microalgues Environnement Ressources), le nouveau bâtiment du centre Ifremer Atlantique — Nantes. CC-BY Stéphane Lesbats - Ifremer

24 au 26 janvier

La réunion internationale POGO fait escale à l'Ifremer



L'Ifremer a accueilli à La Seyne-sur-Mer la 24^e réunion annuelle de l'association POGO (*Partnership for Observation of the Global Ocean*), qui réunit les 55 institutions internationales mobilisées sur l'observation globale des océans. L'occasion pour les participants de revenir sur les avancées réalisées, partager les bonnes pratiques et définir les priorités pour soutenir l'observation. Cette édition 2023 a été marquée par la présentation du développement à l'horizon 2030 du Fr-OOS, infrastructure de recherche consacrée à la coordination des infrastructures françaises d'observation de l'océan.

Plus de cent dirigeants et dirigeantes d'institutions scientifiques, experts scientifiques et industriels se sont réunis sur le centre Ifremer Méditerranée (La Seyne-sur-Mer, Var) pour discuter du futur de l'observation de l'océan global. © Ifremer

Mars

Fr-OOS : mieux coordonner l'observation des océans



La *French Ocean Observing System* (Fr-OOS) a été mis en place en 2023 afin de coordonner les activités des organismes français (Cerema, Cnes, Ifremer, INSU/CNRS, IRD, Météo France, Shom) sur l'observation à long terme de l'Océan. Le Fr OOS s'occupe de la mise en œuvre des réseaux d'observation hauturiers, grands fonds, et côtiers, pour les besoins de la recherche, du suivi du climat, de la surveillance de l'environnement et de l'océanographie opérationnelle. Il s'appuie sur les infrastructures nationales de recherche d'observation (Argo, EMSO, ILICO, OHIS) et autres réseaux pour l'implémentation. Le Fr-OOS est le miroir national de l'*European Ocean Observing System* (EOOS) et du *GOOS* (*Global Ocean Observing System*).

Flotteurs en phase test au bassin d'essais du centre Ifremer de Bretagne. CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

21 mars

OPEN-C : le plus grand réseau européen de sites d'essais en mer



Portée par dix fondateurs publics et privés dont l'Ifremer, la Fondation OPEN-C regroupe et coordonne les cinq sites d'essais en mer implantés en France et notamment le site d'essais de Sainte-Anne du Portzic, géré par l'Ifremer. Elle couvre un large spectre de technologies dans le domaine des énergies renouvelables : éolien flottant, hydroléon, houlomoteur, hydrogène en mer, photovoltaïque flottant. Cette mutualisation de moyens va permettre d'accélérer le processus de validation en conditions réelles des prototypes et des tests pré-industriels de manière à contribuer plus efficacement aux objectifs de la transition énergétique.

En rade de Brest, le site d'essais de Sainte-Anne du Portzic, géré par l'Ifremer, est l'un des cinq sites d'essais en mer de la fondation OPEN-C. CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

4 avril

Partenariat renouvelé avec l'Anses



L'Ifremer et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) ont signé un accord-cadre de cinq ans afin de poursuivre leurs collaborations de recherche et d'expertise sur la santé des poissons et des mollusques ainsi que la sécurité sanitaire des aliments qui en sont issus. Une approche plus transversale des problématiques de santé humaine, animale et environnementale, mais aussi plus ouverte vers la société sera adoptée. Autre objectif du partenariat : renforcer l'appui aux pouvoirs publics et impliquer davantage l'Ifremer dans les appels à projets de l'Anses.

De gauche à droite : François Houllier, président-directeur général de l'Ifremer et Benoît Vallet, directeur général de l'Anses. © Anses

2 juin

Inauguration de Celimer à Sète



À Sète, l'Ifremer complète sa station existante avec un nouveau centre dont l'ambition est de rapprocher les mondes de la recherche et de l'économie : le Centre du littoral et de la mer (Celimer). Issu d'un partenariat scientifique entre l'Ifremer, l'IRD, le CNRS et l'université de Montpellier, ce centre vient renforcer les capacités de recherche et d'innovation sur le fonctionnement et la résilience des écosystèmes marins face au changement climatique. Il soutient le développement de l'économie bleue et une visibilité internationale accrue pour les acteurs de la recherche.

Le projet a été soutenu par la Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, l'État, Sète Agglopolie Méditerranée, Montpellier-Méditerranée-Métropole, l'IRD et l'Ifremer.

Station Ifremer de Sète — au premier plan, le nouveau bâtiment Celimer. CC-BY Stéphane Lesbats — Ifremer

12 juin

Soutien aux énergies marines renouvelables



L'Ifremer renouvelle son partenariat avec le ministère de la Transition énergétique pour accompagner le déploiement de projets d'énergies renouvelables en mer (EMR). L'Ifremer s'engage ainsi à soutenir l'État dans les débats publics sur la planification de l'éolien en mer et dans la définition des états initiaux de l'environnement dans les futurs parcs EMR. L'Ifremer apporte également son expertise en matière de protocoles de suivi environnemental et de données, et participe à la formation des prestataires de l'État.

L'éolienne flottante FLOATGEN de 2 MW, mouillée sur le site d'essais de SEM-REV (au large du Croisic), est la première éolienne en mer installée au large des côtes françaises. CC-BY Olivier Dugornay — Ifremer

4 juillet

Ifremer – NOAA : c'est reparti pour 5 ans !



La NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, USA*) et l'Ifremer ont renouvelé leur protocole de coopération pour les cinq prochaines années. Un signal fort qui confirme la volonté des deux partenaires de continuer à travailler ensemble pour mieux comprendre et préserver l'océan. Trois sujets de collaborations prioritaires sont envisagés : les écosystèmes marins côtiers, les sciences du climat et les systèmes d'observation océaniques, l'exploration des océans.

De gauche à droite : Steve Thur, directeur de la recherche de NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration, USA*), Vincent Guérend, ambassadeur de France en Irlande, et François Houllier, président-directeur général de l'Ifremer. © Ifremer

Les temps forts de 2023

Août

Un doctorant distingué par la Deep-Sea Biology Society



La Deep-Sea Biology Society a mis à l'honneur un article publié en 2020 dans *Ecology* par les scientifiques de l'unité BEEP (Biologie et Ecologie des Ecosystèmes marins Profonds). Cette étude, menée dans le cadre du travail de thèse de Joan Manel Alfaro-Lucas, a mis en lumière les processus et les facteurs qui régissent l'assemblage des communautés de macrofaune dans l'un des habitats les plus emblématiques des grands fonds marins : le champ de sources hydrothermales Lucky Strike, à 1700 mètres de profondeur, au nord de la dorsale médio-atlantique.

Alfaro-Lucas *et al.* 2020. High environmental stress and productivity increase functional diversity along a deep-sea hydrothermal vent gradient. *Ecology* 101(11). <https://doi.org/10.1002/ecy.3144>

Colonie de modioles, espèces de mollusques bivalves emblématiques des écosystèmes hydrothermaux — Ici sur le site hydrothermal « Lucky Strike ». CC-BY Ifremer

16 août, 14 novembre

Plusieurs ministres accueillis au centre Pacifique de l'Ifremer



C'est d'abord le ministre de l'Intérieur Gérald Darmanin, la ministre des Sports et des Jeux olympiques, Amélie Oudéa-Castera et le ministre délégué chargé des Outre-mer, Philippe Vigier, qui, en compagnie du président de la Polynésie française, Mereana Reid, ont finalisé le partenariat technique et logistique liant l'Ifremer et l'État à l'occasion de l'épreuve de surf des jeux olympiques, organisée à proximité du site de l'Ifremer à Vairao. En novembre, Hervé Berville, secrétaire d'État chargé de la Mer, a découvert les activités de l'Ifremer dans la zone Pacifique, notamment l'aquaculture et l'exploration des fonds marins. Hervé Berville a rappelé l'opposition de l'État à toute exploitation minière des grands fonds marins.

De gauche à droite : Steeve Chaillou, député, Moetai Brotherson, président de la Polynésie française, Mereana Reid — Arbelot, députée, les ministres Gérald Darmanin, Amélie Oudéa-Castera et Philippe Vigier. © Claude Soyez

10 septembre

Cap des 6 000 mètres franchi pour Ulyx



Baptisé en 2020, le robot sous-marin Ulyx, a franchi le cap symbolique de la plongée à 6 000 mètres de profondeur lors d'une campagne d'essais en Atlantique, entre Brest et les Açores, à bord du *Pourquoi pas ?*. Ce succès souligne l'expertise d'ingénierie de l'Ifremer, opérateur de la Flotte océanographique française, un savoir-faire unique en France, celui de concevoir et réaliser des véhicules sous-marins capables d'explorer les grands fonds.

Remontée à la surface du sous-marin Ulyx. CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

11 octobre

Cinzia Alessi, une doctorante à l'honneur



Doctorante en Nouvelle-Calédonie au sein de l'Unité Mixte de Recherche Entropie (co-encadrement Ifremer-IRD), Cinzia Alessi étudie les stratégies développées par les coraux pour vivre dans des environnements extrêmes. Ses travaux de thèse en écophysiologie corallienne ont été récompensés par le Prix Jeunes Talents France Fondation L'Oréal Unesco Pour les Femmes et la Science 2023. Un prix attribué par la Fondation L'Oréal qui s'engage à soutenir les ambitions des jeunes chercheuses et à lutter contre la sous-représentation des femmes dans les filières et métiers scientifiques.

Cinzia Alessi lauréate 2023 du Prix Jeunes Talents France de la Fondation L'Oréal-Unesco pour les femmes et la science. CC-BY Ifremer

17 octobre

Prix des Sciences de la Mer Ifremer décerné à Fabrice Arduin



Fabrice Arduin, directeur de recherche CNRS au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (CNRS/Ifremer/IRD/Université de Bretagne Occidentale) a reçu le prix des Sciences de la Mer Ifremer 2023 pour son travail d'exploration des interactions entre vagues, courants marins et banquises, et leurs signatures acoustiques et sismiques dans tout le système terre.

Fabrice Arduin, lauréat du Prix des Sciences de la Mer – Ifremer 2023 © IRD

21 novembre

Damien Desbruyères, lauréat du prix Christian Le Provost 2023



Le prix Christian Le Provost a été décerné à Damien Desbruyères, chercheur Ifremer au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (CNRS/Ifremer/IRD/Université de Bretagne Occidentale). Ce prix récompense la qualité de ses travaux sur l'observation *in situ* de l'océan Atlantique Nord et sur la compréhension des mécanismes régissant sa dynamique et sa variabilité dans le contexte actuel de réchauffement global.

Damien Desbruyères distingué par le prix Christian Le Provost 2023 © INUA Production

24 novembre

La ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en visite au siège de l'Ifremer



Au programme de la visite : présentation de la Flotte océanographique, des flotteurs-profilleurs ARGO et de modèles d'éoliennes marines. La ministre a confirmé le budget de 65 millions d'euros nécessaire à la construction d'un navire capable d'évoluer dans la banquise et a appelé à un rapprochement de l'Ifremer et de l'IPEV (Institut Paul Emile Victor) pour renforcer la recherche française sur les pôles.

La ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Sylvie Retailleau, en visite au bassin d'essais du centre Ifremer de Bretagne. CC-BY - Olivier Dugornay - Ifremer

Décembre

Poursuite de la collaboration avec WHOI



14 ans après leur premier protocole d'accord, l'Ifremer et Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, USA) renouvellent leur partenariat afin de continuer à chercher ensemble des solutions issues de l'océan en vue de lutter contre le changement climatique. Co-publications, mobilité des scientifiques, échanges dans les domaines technologiques... autant de ressources partagées pour améliorer la connaissance des océans.

Peter de Menocal (à gauche, Woods Hole Oceanographic Institution) et François Houllier (à droite, Ifremer) ont signé un protocole d'accord à l'occasion de la présence des deux organisations au sein du pavillon Océan de la COP28. © Elise HUGUS — Woods Hole Oceanographic Institution

La Flotte océanographique française dans le monde

L'année 2023 a été marquée par des campagnes scientifiques de grande ampleur, caractérisées par d'importants défis logistiques à relever avec des missions impliquant la coordination entre plusieurs navires océanographiques et un satellite pour quatre d'entre elles!

Flotte océanographique française : des campagnes scientifiques majeures en 2023

La Flotte océanographique française (ici, le navire océanographique *Le Pourquoi pas ?*) a poursuivi ses avancées scientifiques sur les mers du Globe.
CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

Malgré l'augmentation des coûts induite par les tensions géopolitiques, soutenue par un complément de budget alloué par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche au titre de l'enveloppe « Énergie », la Flotte océanographique française a pu programmer l'ensemble des missions scientifiques prévues et maintenir son activité à un niveau habituel. Plusieurs missions scientifiques phares ont ponctué l'année 2023, contribuant ainsi à enrichir les données disponibles pour la communauté scientifique.

Quatre campagnes sous l'œil du satellite SWOT

Le lancement d'un satellite d'observation de la Terre en décembre dernier a donné le coup d'envoi de la mission internationale SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*, « topographie des eaux de surface et des océans »), co-pilotée par le Centre national d'études spatiales (Cnes) et la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). En fournissant des données et images spatiales instantanées à une résolution 10 fois supérieure à celle des moyens actuels, ce satellite ouvre un nouveau champ des possibles en matière d'altimétrie spatiale. Il permet d'observer les petites structures océaniques formées par des tourbillons ou des veines de courant indétectables jusqu'alors. En 2023, quatre campagnes océanographiques sur trois navires différents ont été menées en conjonction avec SWOT, totalisant 133 jours de mer. Trois campagnes ont été réalisées en Méditerranée. Les deux premières, opérées en partie simultanément sur les navires *L'Atalante*



et *Tethys II* par des équipes de l'Ifremer, du CNRS et du Shom, avaient pour but de valider et d'étalonner les mesures à petite échelle du nouveau satellite. La troisième campagne s'est appuyée sur les données collectées depuis *L'Atalante* et par le satellite pour étudier l'impact de la dynamique océanique sur la diversité du plancton. De son côté, l'*Antéa* a participé à une campagne en Nouvelle-Calédonie dans une région de monts sous-marins pour explorer le phénomène de marée interne en utilisant les données recueillies depuis l'*Antéa* (profil de densité de l'océan, niveau de la mer...) et par le satellite.

Pompe biologique de carbone en Atlantique et carotte sédimentaire à l'embouchure de l'Amazone : le climat au cœur des recherches

Dans le cadre de la campagne APERO pilotée par le CNRS, le *Thalassa* et le *Pourquoi pas ?* ont pris la mer en binôme afin de mieux comprendre le fonctionnement de la pompe biologique du carbone dans la mer Celtique. En couplant des prélèvements menés à large échelle avec des mesures plus fines menées au niveau stationnaire, les scientifiques espèrent réconcilier les estimations entre les apports de

carbone organique sous forme de particules depuis la surface et les besoins de la faune mésopélagique (de 200 à 1000 mètres de profondeur).

De son côté, avec son carottier géant unique au monde pour extraire des sédiments marins, le *Marion Dufresne* s'est rendu entre le Brésil et la Barbade pour réaliser des prélèvements dans le cône d'alluvions formé par les dépôts de l'Amazone. Avec cette mission (fusion des campagnes AMARYLLIS et AMAGAS), les scientifiques cherchent à mieux appréhender le rôle du bassin amazonien dans le climat mondial.

Douze missions d'évaluation halieutique

Enfin, comme chaque année, les navires *Thalassa*, *L'Europe* et *Thalia* ont participé à certaines des 12 missions d'évaluation des populations de poissons dans la Manche, le golfe de Gascogne et la Méditerranée. Ces missions permettent d'éclairer les décisions sur les quotas de pêche au niveau européen.

Pour en savoir plus : Actualité web Flotte océanographique française — Programmation 2023
<https://www.flotteoceanographique.fr>

Le navire *L'Atalante* au secours du sous-marin *Titan*

La Flotte océanographique française, opérée par l'Ifremer avec sa filiale d'armement Genavir, a participé aux opérations de recherche du sous-marin *Titan*, propriété de l'entreprise OceanGate, qui réalisait une expédition touristique vers l'épave du *Titanic*, dimanche 18 juin 2023. Malgré les efforts déployés, l'issue s'est avérée tragique, l'engin ayant sombré à proximité de l'épave, au large de Terre-Neuve.

L'Ifremer est intervenu à la demande de l'U.S Navy et de l'institut océanographique Woods Hole car l'un des navires de la Flotte océanographique *L'Atalante*, se trouvait à 48 heures de route de l'épave avec la capacité de mobiliser des moyens de recherche à grande profondeur.

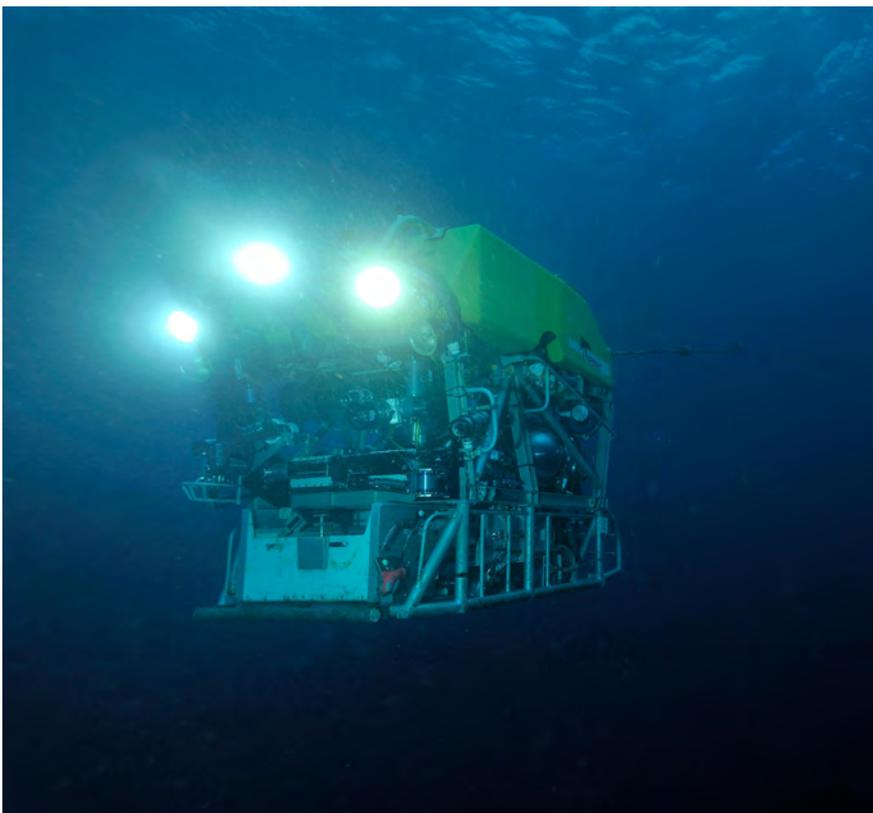
Le commandant a donc dérotté son navire vers la zone présumée de l'incident.

Parallèlement des équipes de Genavir à Toulon ont été dépêchées sur zone en urgence pour opérer le robot sous-marin autonome Victor 6000, embarqué à bord de *L'Atalante* et conçu pour plonger jusqu'à 6000 mètres de profondeur, soit au-delà des 3800 mètres où repose l'épave du *Titanic*.

La direction générale de l'Institut et la direction de Genavir ont salué l'engagement des équipes de la direction de la Flotte océanographique française et de Genavir qui, dans le respect du droit maritime, ont fait tout leur possible pour contribuer à retrouver le sous-marin et ses cinq passagers, dans les meilleurs délais.

Hommage à Paul-Henri Nargeolet disparu à bord du *Titan*

L'explorateur français Paul-Henri Nargeolet est l'une des cinq victimes du sous-marin *Titan*, disparu le 18 juin 2023 lors d'une plongée sur l'épave du *Titanic*. Ce pionnier de l'exploration sous-marine a consacré plus de 10 ans de sa vie à l'exploration des abysses chez Genavir, l'armateur et opérateur à la mer des navires océanographiques et des engins sous-marins de l'infrastructure de recherche nationale Flotte océanographique française. Au cours de sa carrière, Paul-Henri Nargeolet a réalisé 39 plongées à bord du *Nautile*, dont une vingtaine sur l'épave mythique. Il avait quitté Genavir début 1996 pour se consacrer pleinement à sa passion : l'exploration du *Titanic*.



Le système d'imagerie optique haute résolution photo et vidéo du robot sous-marin autonome Victor 6000 offre une perception optimale de l'environnement jusqu'à 6000 mètres de profondeur. CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

La Flotte océanographique française se réinvente

Christine David-Beausire,
directrice adjointe et directrice
scientifique de la Flotte
océanographique française.
CC BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Forte de 17 navires et de 6 engins sous-marins, la Flotte océanographique française figure dans le top 5 des flottes scientifiques dans le monde. Opérée par l’Ifremer et sa filiale d’armement Genavir, elle sillonne les mers au service de la communauté scientifique depuis plus d’un siècle. Christine David-Beausire, sa directrice adjointe et directrice scientifique, revient sur une année 2023 marquée par des annonces majeures et ouvre les perspectives d’avenir de ce fleuron de la recherche nationale.

Quel était l'état des lieux de la Flotte océanographique française à l'aube de 2023 ?

Rappelons pour commencer que depuis 2018, la Flotte est unifiée en une infrastructure de recherche avec un unique opérateur, l'Ifremer. Elle relève de la politique nationale et donc de l'État qui, via le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, lui dédie des budgets propres, fléchés à cette activité. Assumer cet outil national au bénéfice de l'ensemble des organismes de recherche académique représente pour l'Ifremer une grande responsabilité, mais aussi une forte reconnaissance de sa capacité à gérer, développer et mettre en œuvre ces moyens. Un navire océanographique a, en moyenne, une durée de vie d'une quarantaine d'années. Trois navires hauturiers et trois côtiers arriveront au bout de leur chemin entre 2029 et 2035. Ces nombreux renouvellements en un court laps de temps ont constitué le point de départ de notre réflexion avec, en filigrane, la ferme intention de réduire l'impact environnemental de la flotte.

Lancement d'une démarche prospective, officialisation du remplacement du *Thalia*, création d'un navire à capacité glace, le *Michel Rocard*. 2023 marque l'avènement d'importants projets pour l'avenir de la Flotte océanographique française. Que faut-il en retenir ?

Notre démarche prospective, « Imaginons la Flotte océanographique française à l'horizon 2035 », a débuté en mars 2023. Le premier objectif, très pragmatique, est de définir comment renouveler notre flotte. Mais ce qui est notable par rapport à la première réflexion prospective menée en 2017 — outre une prise en compte des progrès dans les connaissances et des nouvelles technologies apparues entretemps — c'est la perspective de décarbonation sous-tendue par la question du sens et la reconnaissance de la responsabilité sociétale et environnementale de la Flotte. Une fois encore, il s'agit là d'une question à laquelle nous sommes naturellement sensibles. Ce changement de paradigme a été initié avec le futur remplaçant du *Thalia*. Pensé avec des solutions basiques vertueuses (récupération des énergies produites dissipées pour le chauffage et l'eau chaude, propulsion permettant de lisser et diminuer la consommation, usage de biocarburants, etc.), il pourra également, au cours de sa vie, être modifié pour accueillir des solutions plus décarbonées lorsqu'elles arriveront à maturité. Ce navire semi-hauturier permettra par ailleurs d'embarquer plus de passagers et ainsi d'ouvrir la voie à des opérations pluridisciplinaires — sur des campagnes plus longues pouvant aller de deux à trois semaines. Pour ce qui est du *Michel Rocard* — qui travaillera dans le Pacifique et une partie du temps en Antarctique de l'Est et qui devrait être mis à l'eau en 2028 — on parle là d'une grande première pour la Flotte océanographique française. Sa conception va nécessiter, en amont, de s'entourer de partenaires spécifiques pour le dessiner en intégrant les besoins scientifiques de deux communautés et les particularités de deux zones aux contraintes différentes. Dans un second temps, il faudra adapter la planification des futures opérations avec notre partenaire, l'Institut polaire français Paul-Émile Victor (IPEV) pour le volet antarctique. À terme, ce navire remplacera l'*Antéa* et sera comme son prédécesseur basé à Nouméa, avant de partir environ trois mois par an, durant l'été austral, vers l'Antarctique, avec la station Dumont d'Urville pour seul point d'ancrage.

Qu'est-ce que tout cela raconte de la stratégie hexagonale et du rôle de l'Ifremer ?

Tout d'abord, et au-delà de s'inscrire dans la logique de renouvellement que nous avons évoquée, cela confirme que notre Flotte est un outil essentiel pour la communauté scientifique nationale, dans un contexte — changement climatique, érosion de la biodiversité, effets de la pollution — désormais bien ancré. Clairement, on sent qu'il y a une réaffirmation politique de la nécessité de comprendre et de protéger l'océan. Les moyens mis en place constituent autant de signaux forts qui témoignent du soutien que nous recevons. Un cap pourrait donc être franchi.

Mais j'insiste : tout autant que de mettre en place des moyens nouveaux, c'est l'approche et la façon de faire que nous allons aussi réécrire en nous inscrivant mieux dans le paysage global de la recherche. En anticipant mieux l'activité, en mutualisant mieux les objectifs, au-delà de devenir plus sobres en carbone, nous pouvons devenir plus efficaces, avec une optimisation du temps à la mer et une meilleure visibilité à moyen terme.

Protéger et restaurer les mers et l'océan

Un océan vivant, sain, sûr et résilient

En cherchant à comprendre le milieu marin, en le surveillant et en analysant les risques qui lui sont associés, l'Ifremer participe à la préservation de notre avenir commun pour un océan vivant, sain, sûr et résilient.

Percer les mystères de la vie abyssale

En octobre 2023, des scientifiques ont embarqué à bord du *Pourquoi pas ?*, navire amiral de la Flotte océanographique française opérée par l'Ifremer et sa filiale Genavir. Leur mission : étudier cinq champs hydrothermaux répartis sur plus de 800 kilomètres le long de la dorsale médio-atlantique et jusqu'à 3700 mètres de profondeur. Baptisée BICOSE 3, cette campagne s'inscrit dans la continuité des recherches menées par l'Ifremer pour identifier les espèces cachées dans les grands fonds marins et comprendre leur cycle de vie.

Les grands fonds marins regorgent d'une biodiversité insoupçonnée qui a su s'adapter à un environnement difficile. Des bactéries, des virus, mais aussi des crevettes et des moules géantes prolifèrent autour des sources hydrothermales dans des conditions de pression extrêmes. Depuis 2014, l'Ifremer mène des campagnes océanographiques le long de la dorsale médio-atlantique pour comprendre comment ces espèces se sont adaptées et ont colonisé ces environnements. Au fil des campagnes, on constate que les mêmes espèces, pourtant de nature plutôt sédentaire, sont ainsi observées sur des champs hydrothermaux éloignés parfois de plusieurs centaines de kilomètre : crevettes, moules, escargots, vers tubicoles, bactéries, etc. Les scientifiques s'interrogent sur la façon dont ces espèces migrent d'un site à un autre.

47 jours en mer pour mieux comprendre les grands fonds marins

La campagne BICOSE 3 (Biodiversité, Interactions, CONNECTivités et Symbioses en milieux Extrêmes) a réuni une trentaine de scientifiques de l'Ifremer, du CNRS, de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), de Sorbonne Université et de l'Université de Bretagne Occidentale. Leur objectif : établir, à partir de 30 plongées avec le sous-marin Nautille, une carte précise des communautés d'espèces des champs hydrothermaux sur 800 km de la dorsale médio-atlantique, pour appréhender le fonctionnement de ces environnements.

À chaque campagne, les scientifiques ont en effet observé une grande quantité de crevettes *Rimicaris*, une des espèces emblématiques associées aux cheminées hydrothermales. Celles-ci prolifèrent dans ces environnements extrêmes en coopérant avec des bactéries amies hébergées dans leur tête.

Cette symbiose entre crevettes et bactéries lors des premières étapes de la vie des crustacés intrigue les scientifiques, qui espèrent élucider ce mystère. Pour cela encore faudrait-il savoir où vivent les larves de crevettes, ce que les scientifiques ignorent pour l'instant, d'où l'idée de cette campagne BICOSE 3 à l'automne, une saison qui n'avait pas encore été prospectée. Au-delà d'élucider la biologie de cette espèce, ces découvertes permettront de mieux comprendre le fonctionnement dynamique des écosystèmes associés aux sources hydrothermales. Et *in fine*, de mieux évaluer les impacts des activités humaines sur cette vie abyssale.

Responsable scientifique de la campagne BICOSE 3 : Marie-Anne Cambon — Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes — Ifremer
Embarquez à bord de la campagne BICOSE 3 : <https://www.ifremer.fr/fr/ressources/bord-de-la-campagne-bicose-3>



Les scientifiques percent petit à petit les secrets de la biologie de la crevette *Rimicaris exoculata*, une des espèces emblématiques qui peuplent les sites hydrothermaux (ici, Snake Pit situé à 3600 mètres de profondeur). CC BY Ifremer BICOSE.

ROME, premier bilan d'un réseau innovant basé sur l'ADN environnemental

L'analyse des traces ADN des micro-organismes (virus, bactéries, organismes unicellulaires) présents dans les échantillons d'eau et d'huître constitue une manière innovante d'observer la biodiversité microbienne côtière.
CC-BY Stéphane Lesbats — Ifremer

Initié en 2020 et mobilisant près de 30 scientifiques de l'Institut sur toutes les façades, le projet de recherche ROME (Réseau d'Observatoires de Microbiologie Environnementale côtière intégrée) est le premier exemple en Europe d'observatoire national de la biodiversité microbienne côtière basé sur l'analyse ADN et ARN* environnementaux (ADNe/ARNe). Après trois années, le bilan scientifique est prometteur pour la mise en place d'un dispositif opérationnel à plus large échelle.

Les organismes marins laissent des traces de leur ADN dans l'environnement : en analysant des prélèvements d'ADN dans l'eau et dans les huîtres, il est alors possible d'identifier les micro-organismes présents. Cet observatoire ADNe/ARNe conçu, piloté et financé par l'Ifremer a débuté en septembre 2020. Il est déployé sur quatre sites côtiers ostréicoles couvrant toutes les façades métropolitaines : la baie des Veys (Manche), la rade de Brest (Finistère), Marennes-Oléron (Charente Maritime) et l'étang de Thau (Hérault). L'objectif est d'investiguer de manière intégrée la diversité des compartiments microbiologiques (virus, bactéries, organismes unicellulaires) dans les eaux et dans les coquillages, à l'interface terre-mer et sous l'impact des bassins versants. En suivant le concept de « Une seule Santé » (*One Health* – Santé humaine, animale, environnement), cette nouvelle approche moléculaire vise à explorer de nouveaux risques pour l'environnement (impacts fluviatiles), la durabilité des ressources



aquacoles (détection de nouveaux parasites des coquillages) et la santé humaine (émergence de pathogènes pour l'homme).

L'année 2023 signe la fin d'un cycle d'expérimentation méthodologique d'échantillonnage, de développement de méthodes de séquençage et d'analyse de la valeur ajoutée des nouvelles approches ADNe/ARNe. En trois ans, le projet a fédéré le travail interdisciplinaire de nombreuses équipes et laboratoires des départements Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes, Ressources Biologiques et Environnement et Infrastructures de Recherche et Systèmes d'Information.

Déjà plus de 3000 échantillons d'ADNe en banque

Le projet ROME a conduit à la publication en ligne de 11 protocoles complets pour le prélèvement et l'analyse des échantillons d'eau ainsi que du matériel biologique et a initié une collection bancarisée de plus de 3000 échantillons d'ADNe d'eau et de 110 d'ADNe/ARNe de coquillages. Le bilan scientifique complet de ces trois années de travaux est en

cours, mais les premiers indicateurs montrent :

- la capacité logistique et opérationnelle de l'Ifremer à déployer ce nouveau type d'observatoire basé sur l'ADNe,
- la possibilité via l'ADNe d'associer les questions de protection de la santé humaine, aquacole et environnementale,
- la pertinence et la valeur ajoutée de l'approche ADNe pour l'évaluation de l'émergence de nouveaux risques microbiologiques grâce à la détection d'espèces rares ou inconnues dans des écosystèmes fragiles.

La valorisation du projet ROME se poursuivra en 2024 vers un dispositif opérationnel basé sur l'ADNe qui fournira de nouveaux outils et perspectives pour l'observation et la surveillance des zones côtières et répondra à des questions d'appui aux politiques publiques.

*ADN : acide désoxyribonucléique ;
ARN : acide ribonucléique

Responsable scientifique et chef du projet
ROME : Raffaele Siano — Laboratoire d'Ecologie
Pélagique — Ifremer
Découvrir le site web du projet :
<https://rome.ifremer.fr/>

Mieux planifier l'espace marin pour résoudre les conflits maritimes croissants

Le développement croissant des énergies marines renouvelables augmente les tensions sur le partage de l'espace marin.
CC-BY Olivier Dugornay-Ifremer

Alors que l'espace marin est soumis à une intensification des usages et des pressions, une équipe de l'Ifremer travaille sur l'élaboration d'outils de prise de décision inclusifs, équitables et flexibles pour répondre aux enjeux complexes de planification spatiale marine, et contribuer ainsi à réduire les conflits en mer.

Le partage de l'environnement marin devient de plus en plus complexe avec l'intensification des activités humaines. Face à l'urgence climatique, les énergies renouvelables se développent à grande vitesse, augmentant ainsi les tensions sur l'utilisation de l'espace marin. En France par exemple, les 40 Gigawatts d'éoliennes offshores à développer d'ici 2050 représentent environ 8 000 km². L'éolien en mer s'impose ainsi comme un concurrent majeur des activités marines traditionnelles. En parallèle, la France a adopté une stratégie nationale visant à développer des aires marines protégées pour limiter les impacts multiples des pressions anthropiques sur la biodiversité et les écosystèmes marins. Pourtant, ces aires marines protégées et les zones d'énergies marines renouvelables sont généralement contestées par les pêcheurs, en raison notamment d'une faible considération pour la pêche dans la planification des espaces.

Une méthode de planification de l'espace marin inclusif, équitable et flexible

Des outils de prise de décision de planification de l'espace marin sont largement utilisés par les communau-



tés scientifiques et de conservation. Cependant, ils ne sont pas encore systématiquement intégrés dans le processus décisionnel par les praticiens de la planification spatiale marine. Afin d'étendre leur utilisation à toutes les parties prenantes, des équipes de l'Ifremer ont développé une méthodologie de planification spatiale marine inclusive, équitable et flexible. Ils ont d'abord défini un ensemble d'indicateurs liés aux activités humaines, aux services écosystémiques et à la biodiversité en consultant au moins une partie prenante de chaque catégorie d'activité. Ils ont ensuite collecté et cartographié les données associées puis utilisé un algorithme d'optimisation pour explorer différents scénarios d'implantation des zones d'énergies renouvelables et des aires marines protégées.

Cette approche a été appliquée à la Grande Vasière, un important

socio-écosystème de 21 000 km² dans le golfe de Gascogne, qui associe des énergies renouvelables marines et des enjeux de biodiversité, de services écosystémiques et de pêche. Elle a démontré que des scénarios équitables ne sont pas nécessairement plus coûteux et qu'ils permettent de proposer un panel de solutions alternatives. Cette étude a aussi souligné l'importance d'explorer plusieurs scénarios avec une application, *Shiny*, développée pour visualiser les résultats des différents scénarios et stimuler le dialogue entre les parties prenantes et les décideurs.

Boussarie G., Kopp D., Laviolle G., Mouchet M., Morfin M. 2023. Marine spatial planning to solve increasing conflicts at sea: A framework for prioritizing offshore windfarms and marine protected areas, *Journal of Environmental Management*, 339, 117857. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117857>

Mission « Régénérer notre océan et nos eaux » : allier les expertises scientifiques pour relever des défis sociétaux majeurs

L'Ifremer est très investi dans la Mission « Régénérer notre océan et nos eaux* » lancée par la Commission européenne en septembre 2021. Cette Mission vise à faciliter l'appropriation des connaissances et des résultats de la recherche sur l'océan par la société et les décideurs en s'appuyant sur de nouvelles méthodologies de recherche. Avec une conception plus transverse et coordonnée de solutions et initiatives, des objectifs mesurables et des échéances précises au service d'un impact sociétal fort.

Pollution, perte de biodiversité, phénomènes météorologiques majeurs... L'océan mondial est gravement menacé par l'activité humaine. Dès lors, il faut intensifier la recherche et concentrer les efforts sur les verrous scientifiques à lever pour expérimenter des solutions efficaces. C'est dans ce contexte que la Commission européenne a lancé en septembre 2021 la Mission « Régénérer notre océan et nos eaux », qui vise à protéger et à restaurer la santé de nos océans à l'horizon 2030, grâce à la recherche, l'innovation et à l'engagement des citoyens et des investisseurs. Son objectif est clair : créer les conditions nécessaires pour déployer de nouvelles méthodologies de recherche collaborative qui impliquent l'ensemble des parties prenantes, chercheurs, décideurs, acteurs de terrain, citoyens, et ce, à toutes les étapes des projets de recherche.

La protection et la restauration des écosystèmes marins est l'affaire de tous : chercheurs, décideurs, investisseurs et citoyens. Ici, récifs d'huîtres plates en baie de Quiberon. CC-BY Stéphane Pouvreau — Ifremer

Sa concrétisation passe par deux phases :

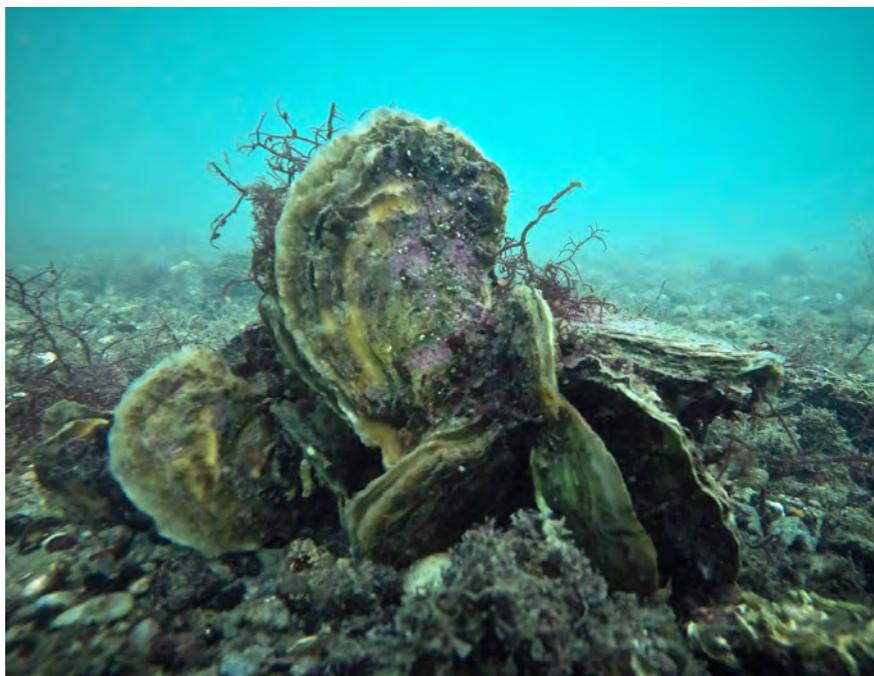
- 2021-2025 : la mise en place de *Lighthouses*, pour faire émerger de nouvelles méthodologies de recherche. Dotées d'un financement européen annuel d'environ 110 M€, les *Lighthouses* sont des régions maritimes où tous les acteurs collaborent sur des actions centrées sur l'un des objectifs de la Mission ;
- 2026-2030 : le déploiement et la mise à l'échelle des solutions soutenues par des financements européens.

L'Ifremer, un contributeur actif de la Mission

L'Ifremer a été impliqué dans la préfiguration de la Mission et coordonne le projet PREP4BLUE (2022-2025), qui aspire à faciliter la réussite de la première phase en déployant de nouvelles méthodologies de co-création et de co-production de la recherche et de l'innovation.

L'Institut contribue aussi à d'autres projets européens de coordination liés aux *Lighthouses* de la Mission dans les bassins méditerranéen, atlantique/arctique et mers du Nord/Baltique. L'Ifremer est l'un des partenaires du projet CLIMAREST, qui explore le potentiel des actions de restauration des écosystèmes marins sur cinq sites de démonstration du bassin atlantique/arctique. Ce projet adopte une démarche holistique et transdisciplinaire impliquant de nombreuses parties prenantes, y compris les citoyens. L'Ifremer est notamment mobilisé sur le site de démonstration français qui s'intéresse aux récifs ostréicoles de la rade de Brest et de la baie de Quiberon.

* La Mission « Régénérer notre océan et nos eaux » fait partie d'un dispositif de cinq Missions thématiques mises en place par la Commission européenne.



Résilience de l'huître plate : un an d'expérimentation sous l'œil du public à Océanopolis

Analyse en public d'huîtres plates issues d'une expérimentation menée à l'Océanolab, un laboratoire de recherche implanté au cœur du centre de culture scientifique Océanopolis à Brest. © Stéphane Lesbats / Ifremer — Océanolab by Océanopolis & UBO

Espèce en déclin, l'huître plate semble présenter une bonne résistance aux effets combinés du réchauffement océanique, de l'acidification et de la pollution plastique. C'est ce que révèlent les résultats préliminaires de MicroCO2sme, une expérimentation portée par l'Ifremer et le CNRS, dont l'originalité est d'avoir été conduite dans un laboratoire ouvert au public, l'Océanolab. Implanté au cœur du centre de culture scientifique Océanopolis à Brest, ce nouvel espace a attiré près de 22 000 visiteurs.

Les lointains récifs coralliens tropicaux ne sont pas les seules victimes du changement climatique, de la pollution plastique et de l'érosion de la vie marine. La biodiversité du littoral de l'Hexagone est, elle aussi, impactée. Afin de mieux comprendre les effets combinés de ces pressions sur la biodiversité marine, l'Ifremer a mené, en collaboration avec le CNRS, une expérimentation sur l'huître plate, une espèce native des côtes européennes en fort déclin en raison de la surpêche et de maladies. Pendant un an, les scientifiques ont testé la vulnérabilité de cette espèce en l'exposant à des conditions environnementales écologiquement réalistes correspondant à des scénarios prévus à l'horizon 2100 : hausse de la température (+2 °C par rapport à la normale de température journalière de l'eau de mer en rade de Brest calculée sur la période 1991-2020), acidification (-0,3 unité de pH par rapport au pH



journalier actuel en rade de Brest) et augmentation de la concentration de la concentration de micro-plastiques dans l'eau (multipliée par 50 par rapport aux concentrations actuelles en rade de Brest). Ces facteurs ont été testés un par un ou de manière combinée dans 12 bassins de 300 litres installés dans l'espace d'expérimentation d'Océanolab.

Après plusieurs mois d'exposition, les premiers résultats quant à la mortalité et la croissance ont montré une bonne résistance des huîtres plates face aux perturbations testées, malgré des effets sur leur reproduction et leur comportement alimentaire. En effet, les huîtres pondent un mois plus tôt qu'en conditions témoins lorsqu'elles sont soumises à des conditions stressantes cumulées (réchauffement, acidification, et exposition à des plastiques). De plus, leur comportement alimentaire (taux de filtration) semble négativement affecté par la présence de plastiques, ce qui peut avoir à plus long terme des conséquences sur la physiologie de ces bivalves. Cet effet est exacerbé dans un contexte de réchauffement et d'acidification océanique. Cette interaction souligne l'importance de réaliser des

études d'impact selon des approches prenant en compte la complexité environnementale et sur le long terme. D'autres analyses viendront consolider et compléter ces premières observations afin notamment d'évaluer des effets plus fins sur leur métabolisme.

Partager la démarche scientifique avec le public

MicroCO2sme est le premier projet de recherche accueilli dans l'espace Océanolab, un laboratoire imaginé par Océanopolis et l'Université de Bretagne Occidentale pour partager avec le grand public la science « en train de se faire ». Avec ce premier laboratoire de recherche ouvert au public, les scientifiques peuvent exposer en temps réel leurs travaux au sein d'un espace dédié et dialoguer avec le public. Une manière inédite de faire comprendre la démarche scientifique et de développer l'esprit critique du public.

Coordination du projet MicroCO2sme : Carole Di Poi, Ika Paul Pont et Arnaud Huvet — Unité écoPHYSiologie et Traits d'histoire de vie des orgaNismES marinS — UMR LEMAR

Phenomer: la surveillance citoyenne des eaux colorées devient nationale

L'Ifremer a renouvelé son appel au grand public pour signaler les phénomènes d'eaux colorées dans le cadre de son programme de sciences participatives Phenomer. Cette mobilisation des citoyens est essentielle pour permettre aux scientifiques de l'Institut d'identifier les espèces à l'origine du phénomène, et *in fine*, de limiter leurs impacts potentiels sur la biodiversité marine et la santé humaine. Nouveauté 2023: le dispositif est étendu à l'échelle nationale.

L'eau de mer prend parfois une apparence inhabituelle et visible à l'œil nu: colorations vertes, brunes, rouges ou dorées, appelées « eaux colorées » ou présence abondante de mousse. Les eaux colorées sont potentiellement liées à une prolifération rapide et massive de microalgues. Elles apparaissent normalement au printemps lorsque l'ensoleillement et la température de l'eau atteignent des niveaux propices à la croissance de ces organismes. Cependant, en 2023, une nappe de couleur rouge-lie de vin a été détectée dès début février au large de la Bretagne Sud sur des images satellites. Une partie des microalgues à l'origine de cette nappe s'est alors décomposée tout en dérivant vers les côtes de Bretagne Sud où des eaux vertes ont été observées et signalées mi-février à l'Ifremer. C'est la première fois que ce phénomène d'efflorescences algales est si précoce. L'espèce en question, *Mesodinium rubrum*, n'étant pas toxique pour la consommation, ce bloom n'a cependant pas eu d'impact sanitaire. L'étude et la surveillance de ces microalgues sont essentielles, car leur prolifération saisonnière peut

avoir des conséquences néfastes sur la biodiversité marine, les activités et la santé humaine. Avec le changement climatique, ce phénomène devient de plus en plus imprévisible.

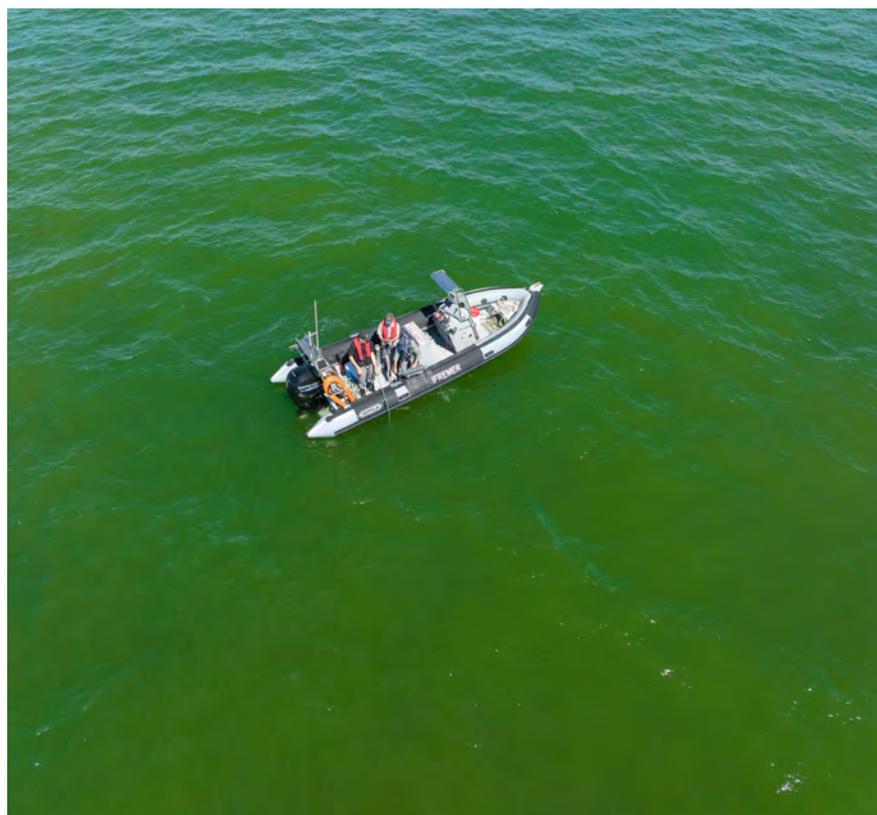
Un appel à la mobilisation citoyenne

Avec son programme de sciences participatives Phenomer, l'Ifremer associe le grand public à la surveillance des eaux colorées. Comment ? En incitant les citoyens à repérer les eaux colorées et à les signaler sur le site internet ou l'application du programme. Pour chaque signalement, il est nécessaire de prendre une photo ou idéalement de réaliser un prélèvement d'eau et de l'apporter au plus vite dans la station Ifremer ou à la structure relais la plus proche (sports et loisirs nautiques, associations d'éducation à

l'environnement, professionnels de la mer, capitaineries, plaisanciers...).

Initié il y a 10 ans sur les côtes de Bretagne et des Pays de la Loire, Phenomer s'étend aujourd'hui à toutes les façades maritimes de l'Hexagone grâce au déploiement récent de structures relais supplémentaires. En 2023, 52 signalements d'eaux colorées ont été enregistrés, portant à plus de 409 le nombre de signalements en 10 ans. À partir de ces observations, les scientifiques analysent les échantillons, identifient les espèces en cause et mettent en place des projets de recherche.

Coordnatrice du projet Phenomer :
Anne Doner - Laboratoire Environnement
Ressources de Bretagne Occidentale —
Ifremer
Pour en savoir plus : <https://www.phenomer.org/>



Des experts de tous horizons s'unissent pour faire avancer la recherche en Arctique

Camille Lique, physicienne de l'océan, coordonne le projet interdisciplinaire CLIMArctic qui décrypte les causes et les conséquences du changement climatique en Arctique, sentinelle du climat mondial.
CC BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Arrivée à l'Ifremer en 2015 après une thèse puis un postdoctorat tous deux orientés sur l'Arctique, Camille Lique fait de cette région du bout du monde son champ de recherche depuis une quinzaine d'années. Fin 2022, la chercheuse au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS) se lançait dans le projet CLIMArctic. Lumières sur un programme qui mise avant tout sur l'interdisciplinarité.

Quelles sont les raisons qui font de l'Arctique un lieu d'observation différent des autres régions du globe ?

On parle là du territoire qui, en matière de climat, connaît les changements les plus spectaculaires. Tout, là-bas, va plus vite et s'avère plus intense qu'en Antarctique, par exemple. Cela se traduit en chiffres : le réchauffement de l'atmosphère et de la surface y est quatre fois plus rapide qu'ailleurs, et la moitié de la banquise a disparu en 40 ans. On estime également que l'Arctique devrait connaître ses premiers étés sans glace d'ici les 20 prochaines années.

Tous ces constats sont issus d'une recherche qui s'est déjà emparée du sujet. En quoi un projet comme CLIMArctic se distingue de ce qui a déjà été fait ?

Tous les modèles — utilisés dans le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) — qui prévoient les bouleversements des conditions physiques et biogéochimiques dont on parle ne s'accordent justement pas sur l'intensité et la rapidité de ces phénomènes. Et cela entrave notre capacité à examiner les impacts locaux et globaux de ces changements. Pour comprendre l'Arctique dans son ensemble, il est essentiel d'en avoir une approche plus régionalisée. Je pense notamment à la salinité de l'eau, qui peut avoir tendance à s'accroître par endroit, ou à diminuer dans d'autres zones. Avec CLIMArctic, la plus-value résidera dans l'amélioration de la capacité à prédire les changements à venir, et leur impact sur une population qui a tendance à se déplacer.

Comment, justement, apporter cette valeur ajoutée ?

Experts en mathématiques appliquées, physiciens de l'océan et de la banquise, biogéochimistes et biologistes connaissant les processus polaires, mais aussi spécialistes des sciences humaines et sociales ou encore du droit, etc. : la volonté première de CLIMArctic est de rassembler et de faire interagir une grande variété de disciplines, pour que chacune se nourrisse des autres. Le fait que le projet soit financé par le programme prioritaire de recherche (PPR) « Océan et Climat », piloté par l'Ifremer et le CNRS, va nous permettre d'aller dans ce sens, puisque les six doctorants et douze postdoctorants que nous allons embaucher verront leurs travaux chapeautés par deux encadrants de disciplines différentes. De mon côté, je collabore par exemple étroitement avec des anthropologues, avec l'ambition de traduire les informations et modèles que nous pourrions produire pour l'adapter aux populations locales. Autre innovation : nous souhaitons également nous appuyer sur l'intelligence artificielle afin de proposer des formats d'analyses plus originaux.

Diffuser une information et des connaissances accessibles au plus grand nombre est justement une des autres priorités de CLIMArctic...

Le projet inclut effectivement un programme de vulgarisation et de médiation scientifique qui nous tient à cœur. Nous allons, dans cette optique, produire une exposition pour Océanopolis à Brest, sous forme de panneaux relatant les enjeux de l'Arctique face au changement climatique. Le concept, qui s'inscrira dans le cadre de l'année des océans (2025), fera aussi appel à la réalité virtuelle avec des QR codes que les utilisateurs pourront scanner pour voir apparaître un chercheur qui leur fournira des explications. CLIMArctic parrainera également une édition de l'Université d'été Mer et Éducation de l'Université de Bretagne Occidentale. L'objectif : aider les professeurs de lycées à décliner la thématique polaire en contenu pédagogique pour les enseigner en classe.

Les premiers mois de CLIMArctic ont surtout été consacrés à la gestion administrative, les discussions sur la mise en place ou encore le recrutement. Si nous vous donnons rendez-vous dans six ans, à l'issue du projet, quel retour d'expérience aimeriez-vous nous faire ?

Mon souhait, c'est vraiment que nous parvenions à fédérer. J'espère donc pouvoir raconter l'histoire d'un projet qui, au-delà des résultats qu'il a pu amener — et à propos desquels je n'ai aucun doute — a surtout permis de mettre autour de la table une communauté élargie, qui a su se parler pour avancer dans la même direction. En arrivant à mettre tout cela en musique et en faisant sentir à chaque personne qu'elle appartient à CLIMArctic, nous aurons réussi notre mission...



CLIMArctic est financé dans le cadre du programme prioritaire de recherche « Océan et Climat » piloté par l'Ifremer et le CNRS au profit de toute la communauté scientifique française. Lancé en 2021 pour une durée de six ans, ce programme, labellisé par la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable et intégré au programme de financement de France 2030, est doté d'un budget de 40 millions d'euros. Son ambition : structurer les forces de la recherche française autour de 7 grands défis scientifiques pour mieux connaître et protéger l'Océan. Pour en savoir plus : <https://www.ocean-climat.fr/Les-actions-et-projets/Les-projets-de-recherche/CLIMARCTIC>

Événements climatiques extrêmes : mieux les décrire pour mieux les prédire

Au cours de sa thèse au Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Coline Poppeschi s'est attachée à comprendre et caractériser les événements extrêmes en milieu côtier en vue de définir de nouveaux indicateurs pour mieux anticiper ces phénomènes.
CC BY Olivier Dugornay — Ifremer



« Vers la compréhension des réponses de l'environnement côtier aux événements extrêmes dans un contexte de changement climatique » : voilà le sujet sur lequel a travaillé Coline Poppeschi entre 2020 et 2023 dans le cadre de sa thèse encadrée par le Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS) de l'Ifremer. L'actuelle chercheuse postdoctorale pour France Énergies Marines revient sur un travail qui pourrait bien faire date pour la communauté scientifique.

Un sujet de cœur, sur le plan professionnel et personnel

Le changement climatique tend à provoquer une certaine angoisse et, plus on le comprend, mieux on peut l'appréhender. Océanographe de formation, je suis au fait des événements extrêmes (inondations, vagues de chaleur etc.) de plus en plus récurrents qui touchent la planète ces dernières années. Ce sujet, c'est quelque chose qui me parlait et qui était palpable. Il était important pour moi d'aborder une thématique qui nous concerne directement, en basant mes travaux sur des données haute fréquence qui n'avaient, jusqu'à présent, pas vraiment été exploitées. Il y avait tout à faire, ce qui était vraiment palpitant.

Sur le terrain, quelques thématiques phares

De la Manche à l'Atlantique en passant par la Méditerranée, de nombreuses bouées autonomes prennent — toutes les 20 minutes — des mesures sur une quinzaine de paramètres. Le premier qui m'a intéressé, c'est la salinité, parce que de fortes précipitations donnent lieu à des dessalures extrêmes — c'est-à-dire quand l'océan devient moins salé — via le fort apport en eau douce émanant des lits de rivières. Cela peut modifier les courants, et certaines espèces n'ont pas toujours le temps de migrer. Je me suis également penchée sur la température de l'eau, en étudiant les vagues marines de chaleur et de froid, des phénomènes pouvant impacter la biologie (blanchissement des coraux, apparition d'espèces invasives par endroits, etc.). Du côté de la baie de Seine, nous avons étudié la façon dont les tempêtes remettent en suspension les sédiments afin de connaître l'ampleur de ce panache de turbidité ainsi que sa concentration. Pour finir, je me suis demandé si la tendance, à la hausse, de la température de l'eau, donne lieu à une efflorescence du phytoplancton plus tôt dans l'année. Pour résumer, mon travail, et c'est là tout son intérêt, a pris en compte tous les compartiments de l'océan. J'ai écrit une sorte de « thèse à tiroirs ».

Une méthodologie inspirée...

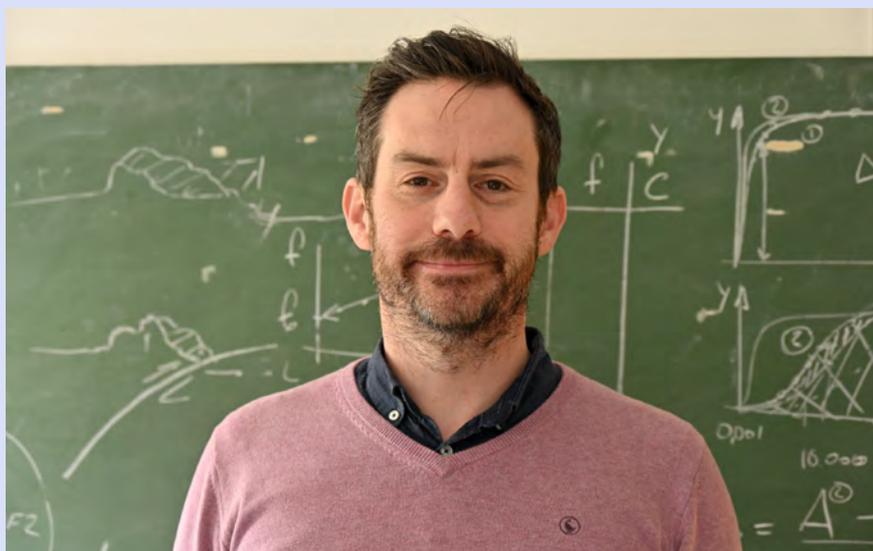
Je me suis appuyée sur une méthode reconnue internationalement, qui consiste à fixer des seuils au-dessus desquels on qualifie un événement d'extrême. J'y ai ensuite apporté avec l'aide de mes collègues, une plus-value, en combinant les caractéristiques majeures d'un événement extrême sous un seul indicateur regroupant la durée, l'étendue spatiale et l'intensité de l'événement en question. Cette façon de faire, en quelque sorte, constitue une première.

...et des résultats inspirants

On a pu constater, pour commencer, que l'intensification des vagues marines de chaleur varie en fonction des façades maritimes françaises. Sur la salinité, les dessalures extrêmes sont elles aussi en recrudescence du côté de Brest. La turbidité, si elle reste un sujet plus complexe à analyser, ne semble quant à elle pas automatiquement liée à des phénomènes extrêmes. Pour le phytoplancton, les variations constatées en rade de Brest et en baie de Vilaine ne traduisent pas, à ce stade, une tendance claire mais sont le témoin de forts changements environnementaux interannuels et multiparamètres. Mais plus qu'un constat sur la hausse des événements extrêmes, cette thèse a surtout permis de mieux détecter, comprendre et caractériser ces épisodes pour, plus tard, mettre en place des indicateurs ouvrant la voie à la prédiction, et donc à l'anticipation. La base est là pour aller plus loin, et donner à la communauté scientifique la possibilité de construire d'autres projets. C'est en tout cas le message que l'on m'a fait passer lors de ma soutenance, en m'indiquant que mon travail pourrait marquer un virage...

La fibre optique, nouvelle alliée de la surveillance sismique sous-marine

Shane Murphy, chercheur au sein du laboratoire Aléas Marins, développe une nouvelle technologie de surveillance sismique sous-marine basée sur l'utilisation de câbles à fibre optique.
CC BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Malgré un développement plus tardif que pour celle effectuée à terre, la surveillance sismique sous-marine fait l'objet d'avancées significatives depuis 2020. Le lancement de la première phase de FOCUS (*Fiber Optic Cable Use For Seafloor studies*), un projet du Conseil Européen de la Recherche coordonné par Marc André Gutscher, un chercheur du CNRS de l'Unité Mixte de Recherche Geo-Océan*, témoigne de cet élan. Chercheur au sein de l'équipe Aléas Marins (ALMA), l'un des six laboratoires de l'UMR Geo-Océan, Shane Murphy pose son regard sur les perspectives qu'ouvre un tel projet.

FOCUS s'appuie sur l'utilisation d'une technologie développée à l'origine dans le domaine des télécommunications pour transformer un câble à fibre optique standard en capteurs multiples. A quel défi répond ce projet ? En quoi consiste cette technologie ?

Avec FOCUS, un de nos principaux défis est de déterminer si les câbles à fibre optique peuvent contribuer à la surveillance des failles sous-marines dangereuses de manière plus rentable et pérenne. Notre site d'essais se trouve au large de Catane, en Sicile, et est traversé par la faille sous-marine active Nord Alfeo. C'est une région très active en termes sismiques, où il s'avère donc très utile de mieux caractériser les dangers potentiels de séismes pour la très nombreuse population environnante. Le principe repose sur l'utilisation d'un interrogateur de fibre optique depuis lequel est envoyée une lumière laser. L'analyse de la quantité de lumière rétrodiffusée (qui revient) vers l'interrogateur fournit des informations sur les conditions auxquelles le câble a été exposé : température, déformation ainsi que vitesse de déformation du câble. En d'autres termes, cela nous permet de mesurer les vibrations (ondes acoustiques et sismiques) ainsi que le déplacement et la température du plancher océanique. Pourquoi est-ce innovant ? Parce qu'il suffit d'accéder à une seule extrémité du câble pour transformer des dizaines de kilomètres de fibre en un instrument multi-capteurs extrêmement sensible. Cette technologie présente aussi l'avantage de fonctionner sur des câbles de télécommunication standards, ce qui signifie que nous pouvons tirer parti d'infrastructures déjà en place. C'est un « détail » loin d'être négligeable puisqu'il est habituellement très coûteux de placer des instruments scientifiques sur le fond marin pour une surveillance continue.

La première campagne en mer du projet (FOCUS X1) à bord du Pourquoi pas ? a été l'occasion de déployer un câble de 6 km de long à 2 km de profondeur. Quelles étaient vos intentions lors de FOCUS X2, en janvier 2022 ? Et quid de FOCUS X3 ?

L'ensemble de ces campagnes a pour but de calibrer les informations fournies par le câble FOCUS en déployant des systèmes de surveillance sismique plus conventionnels en parallèle. Lors de la deuxième campagne, nous avons mis en place 20 sismomètres de fond de mer (OBS, *Ocean Bottom Sismometer*). Pas moins de 17 carottes sédimentaires ont été récupérées, en plus de la réalisation d'un certain nombre d'études microbathymétriques du site d'essais. Au cours de FOCUS X3, en février 2023, les OBS déployés l'année précédente ont été collectés et neuf autres redéployés. Deux réseaux géodésiques supplémentaires ont également été définis pour matérialiser au sol un ensemble de points de référence dont les coordonnées sont déterminées avec une grande précision. D'autres campagnes ont eu lieu pour récupérer les données des stations géodésiques ainsi que pour étudier le câble et placer des sacs de sable et de granulés de 25 kg dessus afin d'améliorer le couplage du câble au fond de la mer. Les éléments recueillis au cours de FOCUS X3, en cours d'analyses, permettront de déceler les tremblements de terre qui auraient pu se produire à proximité de la faille au cours des dernières années. 2024 sera marquée par la récupération des OBS déposés lors de FOCUS X3.

À ce stade, qu'est-ce que FOCUS a mis en lumière ?

Nous avons détecté des variations de température quotidiennes et annuelles dans les eaux peu profondes de l'ordre du degré Celsius. À plus de 1,5 km sous l'eau, nous avons ainsi pu localiser avec une précision de l'ordre du mètre les zones de déformation du câble FOCUS résultant des dépôts de sacs de sable et de granulés par un véhicule sous-marin téléopéré. Un grand nombre de signaux différents (tremblements de terre, passages de navires, éruption du mont Etna) sur une distance de 50 à 100 km le long des câbles à fibres optiques ont également pu être observés. Je pense, par ailleurs, à un tremblement de terre, en novembre 2023, que les stations terrestres n'avaient pas perçu... Pour la communauté océanographique, disposer d'informations aussi essentielles à des résolutions spatiales et temporelles très hautes sur de longues périodes change vraiment la donne. Les données ainsi obtenues à partir de l'utilisation des câbles à fibre optique permettront d'améliorer les systèmes d'alerte aux tremblements de terre et aux tsunamis et de mieux comprendre la physique de ces phénomènes catastrophiques. Un projet comme FOCUS pourrait tout à fait être dupliqué pour évaluer d'autres failles sous-marines actives comme celles que l'on trouve en mer de Marmara, au large d'Istanbul, ou dans les zones de subduction telles que la fosse du Japon.

Quelle sera la suite du projet ?

Le projet FOCUS se prolongera jusqu'en octobre 2025. Nous poursuivons l'analyse des observations en laboratoire et sur le terrain, grâce aux mesures recueillies. Les informations collectées en 2023 sont très volumineuses et pourraient être considérées comme des « Big Data ». Nous assurons actuellement leur transfert sur Datarmor, le centre de calcul haute performance de l'Ifremer afin de développer des programmes de traitement automatisés à grande échelle. En 2024, l'Ifremer sera impliqué dans le démarrage de trois projets de l'objectif 10 « Grands fonds marins » de France 2030 portant sur l'utilisation de la fibre optique pour la connaissance du système Terre. Cela illustre notre ambition et notre implication dans le développement de la prochaine génération d'interrogeurs optiques et de nouvelles méthodologies d'analyse de données marines, mais aussi l'intérêt exponentiel pour la détection par fibre optique dans le domaine des sciences de la Terre ces dernières années. De manière plus globale, les défis à relever restent considérables, parmi lesquels une meilleure compréhension de ce que nous mesurons et l'intégration de ces nouvelles données aux mesures plus conventionnelles. Cette nouvelle approche est une belle opportunité pour améliorer la connaissance et la surveillance de l'océan et du milieu marin.

*L'Unité Mixte de Recherche Geo-Océan est le plus important pôle d'études des géosciences en milieu marin de France. Elle fédère les compétences de l'Ifremer, de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) et de l'Université de Bretagne Sud (UBS).

Évaluer l'état de santé du milieu marin pour mieux le préserver

Sur l'ensemble du littoral français, l'Ifremer assure un suivi des écosystèmes océaniques et des pressions qui s'y exercent afin de dresser le bilan de santé du milieu marin. Ces évaluations permettent de guider les politiques publiques en matière de préservation et de restauration du milieu. Le dernier bilan présenté en juillet 2023 revient sur plusieurs décennies de surveillance par les scientifiques de l'Institut.

Contamination chimique, rejets industriels ou agricoles, déchets urbains... les activités humaines engendrent de fortes pressions susceptibles de nuire aux habitats et espèces des mers et océans. Le milieu côtier est particulièrement vulnérable, en raison de la concentration d'activités comme la pêche, l'élevage marin ou encore les loisirs ainsi que de la présence de substances chimiques et déchets drainés depuis l'intérieur des terres par les fleuves et rivières. Les écosystèmes marins côtiers jouent pourtant un rôle crucial en fournissant

les ressources nécessaires à de nombreuses espèces pour leur alimentation, leur croissance et leur reproduction.

Éclairer les politiques de préservation des écosystèmes

Les scientifiques de l'Ifremer collectent régulièrement et sur de longues périodes des données afin de suivre et d'évaluer l'état de santé du milieu marin. L'Institut agit à l'échelle locale en lien avec les agences de l'eau et au niveau national et européen dans le cadre des directives cadres européennes sur l'eau (DCE) et des stratégies pour le milieu marin (DCSMM). Les données et expertises de l'Ifremer sont exploitées par les services de l'État pour orienter l'adoption de mesures anti-pollution destinées à conserver ou restaurer la bonne santé des écosystèmes marins. Et les avancées sont sensibles. Depuis 30 ans, certains aspects du milieu marin s'améliorent, suite à la mise en œuvre de réglementations d'usage de certains contaminants chimiques. Pour autant, des pollutions nouvellement

identifiées s'ajoutent aux pressions plus anciennes, entraînant des conséquences lourdes sur le milieu côtier : persistance de zones à risques de prolifération d'algues, échouages d'algues vertes au nord de la Bretagne, nouveaux contaminants, persistance de la pollution par les déchets marins (plastiques) y compris dans des canyons sous-marins...

Au-delà des diagnostics sur l'état du milieu marin, les scientifiques de l'Ifremer mènent également des travaux de recherche en vue d'améliorer les méthodes et les dispositifs de suivi et d'évaluation, pour mieux caractériser les pressions et impacts. Autant d'actions qui contribuent à faire évoluer les politiques de demain.

Pour évaluer l'état de santé du milieu marin et guider les politiques publiques, l'Ifremer surveille différentes pressions subies par les écosystèmes, de la prolifération d'algues à la pêche, de la contamination chimique aux déchets marins.
CC BY Olivier Dugornay - Ifremer



Première Chaire Bleue de l'Ifremer: cap sur l'étude du microbiome de l'huître creuse

Peu investigué jusqu'à récemment, le microbiome joue pourtant un rôle primordial dans le fonctionnement et la santé des organismes, comme l'attestent les travaux menés dans le cadre de la Chaire bleue de l'Ifremer.

© Anthony Bertucci — Ifremer

Anthony Bertucci, chercheur en biologie moléculaire et en écotoxicologie est porteur de la première Chaire Bleue* de recherche de l'Ifremer « Contaminants, mer et santé » localisée à Nantes sur le centre Atlantique. Depuis septembre 2022, il explore le microbiome de l'huître creuse et sa réponse face aux contaminations présentes dans son environnement. Et ce, de manière transversale, avec six unités de l'Ifremer impliquées sur ces thématiques.

Le microbiome désigne l'ensemble des communautés microbiennes (bactéries, virus, eucaryotes unicellulaires) avec lesquelles tous les organismes vivants sont en symbiose. Une perturbation de sa composition ou de ses fonctions, et c'est la survie de l'hôte qui peut être impactée. Des études récentes révèlent que le microbiome peut être considéré comme un organe à part entière des êtres vivants. Chez l'Humain, il pèserait environ 200 grammes, soit un poids proche du rein (120 grammes) ou du cœur (330 grammes). Le microbiome a aussi la particularité d'être un formidable réservoir génétique, avec 100 fois plus de gènes bactériens que de gènes humains.

Avec son projet de recherche « Contaminants, mer et santé » de la première Chaire Bleue de l'Ifremer, Anthony Bertucci s'appuie sur le micro-



biome pour faire le lien entre plusieurs thématiques : contamination de l'environnement, santé des organismes, fonctionnement des écosystèmes et santé humaine. L'objectif de son travail au sein de la Chaire est double : contribuer à des projets déjà existants sur le centre Atlantique en les complétant avec un volet contamination et créer des connexions entre les laboratoires pour donner plus de visibilité à leurs futurs projets. Ainsi, dans le cadre du projet ANR PESTO coordonné par la chercheuse en génomique fonctionnelle Rossanna Sussarellu, des scientifiques de l'Ifremer ont étudié les effets d'un cocktail de pesticides sur des larves d'huîtres creuses. De son côté, Anthony Bertucci s'attache à savoir si cette exposition a pu provoquer une modification du microbiome chez les huîtres adultes. Autre exemple : parallèlement aux prélèvements réalisés lors de la campagne annuelle du ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination Chimique), il a collecté

des huîtres creuses supplémentaires sur les mêmes sites et aux mêmes dates, afin de caractériser la communauté de micro-organismes présente et déterminer s'il y a des liens avec la nature et l'abondance des polluants décelés.

Si le microbiome peut être une voie par laquelle les contaminants touchent les organismes et affectent leur santé, il peut aussi, grâce à son vaste réservoir génétique offrir des capacités d'adaptation rapides aux perturbations environnementales.

* Financé dans le cadre du plan d'investissement scientifique exceptionnel de l'Ifremer, le dispositif des « Chaires bleues » de recherche a été lancé en mai 2021. D'une durée de cinq ans, les « Chaires bleues » ont vocation à renforcer les collaborations transversales au sein de l'Institut en combinant les nombreuses compétences présentes sur des thématiques innovantes.

Bertucci, A. 2023. Symbiototoxicity: The Ability of Environmental Stressors to Damage Healthy Microbiome Structure and Interactions with the Host. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 42(5), 979. <https://doi.org/10.1002/etc.5592>

SURIMI, capteur au potentiel multiple

Catherine Dreanno
et Morgan Tardivel,
chercheuse
et technicien au
laboratoire Détection,
Mesures et Capteurs,
développent
un capteur optique
basé sur l'utilisation
de polymères à
empreintes ioniques
capables de distinguer
spécifiquement
les métaux présents
dans l'eau.
CC BY Stéphane
Lesbats — Ifremer



Présents dans les eaux douces, les océans et les organismes vivants, les éléments métalliques ont fait l'objet d'une batterie de mesures d'un nouveau genre via le projet SURIMI*, auquel l'Ifremer participe. Coup de projecteur sur ces recherches pilotées par Catherine Dreanno, chercheuse au sein du laboratoire Détection, Mesures et Capteurs (Unité Recherches et Développements Technologiques).

La présence de métaux est-elle systématiquement liée à l'activité humaine, dite anthropique, ou parle-t-on ici de sources totalement naturelles ?

Ce qu'il faut commencer par préciser, c'est que ces éléments métalliques sont pour la plupart naturellement présents dans l'environnement et sont essentiels à la vie et au fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Ils interviennent dans les processus régulant le cycle global du carbone. Cependant, la présence de certains de ces métaux lourds, comme le plomb, le cadmium ou encore le nickel, dans l'environnement, peuvent être aussi la conséquence d'une pollution d'origine anthropique liée, par exemple, à l'industrialisation et à l'urbanisation. La présence d'éléments métalliques ne rime donc pas automatiquement avec pollution. L'intérêt de les mesurer ? Avoir une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes, mais également caractériser la qualité des eaux, qu'elles soient océaniques, douces ou souterraines. La nouvelle génération de capteurs optiques multiparamètres développés dans le cadre de ce projet SURIMI pourrait être utilisée dans le cadre de la surveillance environnementale et être un système d'alerte autonome de pollution anthropique.

En quoi votre méthodologie se révèle-t-elle différente ?

Concrètement, l'approche classique pour analyser ces éléments métalliques s'appuie sur des prélèvements ponctuels d'échantillons d'eau qui sont ensuite analysés en laboratoire par des méthodes très performantes, mais coûteuses. Cette stratégie n'offre cependant que des résultats a posteriori. Des outils de terrain adaptés à la mesure sur site voire *in situ* sont nécessaires pour permettre non seulement une meilleure caractérisation de la dynamique chimique des masses d'eau mais aussi une gestion rapide et appropriée en cas de pollution accidentelle. Notre intention était de développer des capteurs capables d'effectuer des mesures en temps réel sans préparation préalable des échantillons et surtout de détecter et de quantifier simultanément plusieurs éléments métalliques en une seule analyse.

À quels défis répond le projet ?

Le premier, majeur, a été de mettre en place une technologie de polymères capable de distinguer spécifiquement ces éléments métalliques. Ces polymères à empreintes ioniques sont les éléments clés de la puce ou de la surface active du capteur Surface Plasmon Resonance Imaging (SPR). Ce sont eux qui vont permettre de capturer ces ions métalliques. Cette capture va être détectée et traduite en signal mesurable et proportionnel à la quantité d'éléments présents dans l'eau. Le deuxième défi est de développer une puce robuste et reproductible. Le capteur SURIMI a été testé avec succès en laboratoire avec des types d'eau présentant différentes caractéristiques physico-chimiques (teneur en sels, en particules, en matière organique...) : eaux douces, eaux souterraines, eaux côtières, eaux dites « de transition » (entre eaux douces et eaux de mer), eaux minérales.

Quel est aujourd'hui son avenir ?

Nous avons fait la preuve de la fiabilité du concept, dont les applications sont nombreuses et diverses. Il s'agit d'un projet de recherche et développement que nous pouvons mettre à disposition d'acteurs très variés. Son futur dépendra de ces opportunités, et de l'intérêt que des financeurs lui trouveront. Avant cette potentielle phase de transfert, SURIMI devra être marinisé pour être testé en mer, c'est-à-dire dans des conditions plus dures telles que les abysses et les mers polaires. Ce travail sera nécessaire pour démontrer qu'il est définitivement plus performant que les capteurs et les méthodologies classiques. Nous restons bien évidemment en veille sur les éventuelles opportunités de développement.

La collaboration autour du projet a, semble-t-il, été décisive...

Clairement ! C'est un aspect qui, à mon sens, s'avère essentiel lorsque l'on se penche sur des questions d'innovation et de recherches. Sans mettre autour de la table tous les acteurs (voir encadré), apportant chacun sa spécificité et son expertise, nous ne serions pas parvenus à créer le prototype de SURIMI.

* *Surface plasmon Resonance for In situ Metallic Ions detection*

Cao P., Pichon V., Dreanno C., Boukerma K., Delaunay N. 2023. Development of ion-imprinted polymers for the selective extraction of Cu(II) ions in environmental waters, *Talanta*, 256,124295. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124295>

De nombreux acteurs aux côtés de l'Ifremer

Le développement du capteur optique SURIMI dédié à la surveillance des métaux dans l'eau a mobilisé les forces vives de nombreux partenaires et programme de recherche :

- Institut d'Optique (Université Paris-Saclay)
- École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI)
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
- Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes (LN2) regroupant du personnel CNRS et de l'Université de Sherbrooke (Canada)
- programme de recherche TAKUVIK de l'Université Laval (Canada)
- KLEARIA, une société spécialisée en microfluidique à des fins analytiques et de chimie de synthèse basée à Nice.

Deux doctorants ont par ailleurs orienté leurs travaux de thèse autour du projet.

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 et des matériaux pour bientôt 9 milliards d'êtres humains sur Terre tout en préservant la biodiversité marine et en protégeant les écosystèmes.

Populations de poissons pêchées en 2022 : quel bilan en France hexagonale et en Outre-mer ?

Opération de tri des coquilles Saint-Jacques déposées par la drague dans le cadre de la campagne COSB 2022 en baie de Saint-Brieuc. CC-BY Stéphane Lesbats — Ifremer



L’Ifremer a dressé l’état des lieux 2022 des populations de poissons pêchées en France hexagonale et, pour la première fois, dans les cinq départements d’Outre-mer. Si la moitié des volumes de poissons pêchés provient de populations exploitées durablement dans l’Hexagone, le bilan en Outre-mer est très contrasté d’un département à l’autre. Ce nouvel état des lieux confirme la nécessité de poursuivre les efforts pour tendre vers une pêche plus durable.

La France hexagonale face au défi de la durabilité de la pêche

Selon le bilan 2022 de l’Ifremer, 51 % des poissons débarqués dans l’Hexagone en 2021 proviennent de populations exploitées durablement, contre 48 % en 2020. Près d’un quart des captures (23 %) provient de populations surpêchées et 2 % de populations considérées comme « effondrées ». Si l’état des populations pêchées s’est largement amélioré en 20 ans, l’évaluation 2022 montre une stagnation depuis cinq ans des volumes de poissons pêchés issus de populations en bon état. Dès lors, l’objectif d’une pêche issue à 100 % de populations exploitées durablement semble difficile à atteindre dans un futur proche. Les

scientifiques de l’Ifremer restent mobilisés afin de mieux connaître la réalité de l’état des populations de poissons et de mieux comprendre les facteurs contribuant à la stagnation actuelle. Et cela passe notamment par une approche « écosystémique » des pêches basée sur une meilleure compréhension des interactions des populations entre elles et avec leur environnement, tout en tenant compte des impacts des pressions humaines et du changement climatique sur la dynamique des populations de poissons.

Des connaissances trop partielles en Outre-mer

Le premier diagnostic annuel de l’Ifremer dans les cinq départements d’Outre-mer montre des grandes disparités d’un département à l’autre. Ainsi

en 2021, la part des débarquements français d’espèces estimées en bon état est de 51 % à La Réunion, 40 % en Guyane, 30 % en Martinique, 20 % en Guadeloupe et 11 % à Mayotte. Réalisée à la demande de l’État dans le cadre des financements européens attendus pour renouveler la flotte de pêche de ces départements, cette première évaluation ne permet toutefois pas encore de définir l’état écologique d’une grande partie des populations de poissons car, en moyenne, 43 % des espèces débarquées ne sont toujours pas évaluées par manque de connaissances. Un constat qui marque la nécessité de disposer de plus de données.

Accéder au bilan :
[https://www.ifremer.fr/fr/
commentvontlespoissons2023](https://www.ifremer.fr/fr/commentvontlespoissons2023)

Étudier les déplacements des poissons et des langoustes avec Fish Intel

Les langoustes rouges semblent plutôt fidèles à leurs rochers en automne et en hiver d'après les premières conclusions du suivi par télémétrie acoustique de 50 individus mâles sur les côtes françaises de la Manche.
CC BY Olivier Dugornay - Ifremer

Lancé pour suivre à la trace les poissons et langoustes dans la Manche grâce à la télémétrie acoustique, le projet européen Fish Intel a livré ses premières conclusions : les langoustes mâles semblent plutôt sédentaires et les bars sont des voyageurs. Des premiers résultats précieux pour identifier les habitats essentiels dans la vie de différentes espèces exploitées et contribuer à une gestion plus durable de la pêche en Manche.

Le projet européen Fish Intel (2021-2023) a réuni des équipes françaises, anglaises et belges. En utilisant la télémétrie acoustique, elles ont suivi cinq espèces marines qui revêtent une importance commerciale dans la Manche : bar européen, lieu jaune, langouste rouge, thon rouge et dorade grise. Alors que les scientifiques français ont concentré leurs efforts sur le bar européen, le lieu jaune et la langouste rouge, leurs homologues belges et anglais ont assuré le suivi du thon jaune et de la dorade grise. Entre mai et septembre 2022, les scientifiques français, avec l'aide des comités des pêches et des pêcheurs, ont équipé les poissons et les lan-



goustes de marques acoustiques qui émettent des ondes sonores lorsqu'ils passent près des récepteurs préalablement disposés par l'Ifremer et France Energies Marines sur les côtes françaises de la Manche et notamment dans les zones des futurs parcs éoliens (Saint-Brieuc, Courseulles-sur-Mer et Saint-Nazaire). Grâce à ces données, les scientifiques ont reconstitué certains déplacements, comme ceux des bars qui peuvent parcourir des centaines de kilomètres le long des côtes françaises. Ces résultats encore partiels confirment l'hypothèse de l'Ifremer émise lors de précédents travaux de géolocalisation : pour se reproduire, les bars de la Manche Est migrent vers la Manche Ouest, tandis que ceux de Bretagne Nord vont vers le golfe de Gascogne. Les lieux jaunes et les langoustes, notamment les mâles, semblent avoir un comportement sédentaire.

Si le projet Fish Intel est désormais terminé, le suivi de ces espèces de la Manche par télémétrie se poursuit sur plusieurs années, afin d'enrichir ces nouvelles connaissances sur l'écologie spatiale de ces poissons. Autant d'informations qui permettront d'améliorer la gestion écosystémique de ces espèces pêchées et de contribuer à un meilleur équilibre entre les activités anthropiques et un écosystème sain dans l'aménagement de l'espace marin en Manche.

Ce projet a bénéficié d'un financement par le Fonds européen de développement régional (Feder) via le programme Interreg France (Manche) – Angleterre.

Responsable du projet Fish Intel pour l'Ifremer : Mathieu Woillez, Laboratoire Biologie Halieutique – UMR DECOD
Découvrir le site web du projet coordonné par l'Université de Plymouth : <https://www.plymouth.ac.uk/research/marine-conservation-research-group/fish-intel-interreg>

L'expertise de l'Ifremer en ostréiculture saluée par la communauté scientifique internationale en Australie

Fin mai 2023, des scientifiques de l'unité Ressources marines en Polynésie française de l'Ifremer ont participé à deux événements internationaux à Darwin, en Australie : la World Aquaculture Conference et l'International Tropical Rock Oyster Workshop. L'occasion pour les experts du Centre Pacifique de présenter leurs recherches innovantes autour de l'huître de roche, en cours à Vairao.

Pendant ces deux jours, les scientifiques de l'Ifremer du Centre Pacifique ont présenté la stratégie de développement des huîtres de roche (*Saccostrea cucullata* et *Saccostrea echinata*) et les perspectives pour une aquaculture durable de ces espèces en Polynésie française. Ils ont montré leur maîtrise du cycle de développement de l'huître de roche, depuis le conditionnement des géniteurs jusqu'au prégrossissement, en passant par le cycle de production de l'élevage larvaire.

Pour remédier au problème d'infestation des huîtres par le ver parasite *Polydora* qui impacte l'étape de grossissement, l'équipe a mis en place un procédé de table d'exondation, système de mise hors d'eau régulière développé en partenariat avec un partenaire privé Ostrea Tahiti et l'entreprise Médithau située en Occitanie. Les résultats obtenus ces dernières années sont à saluer : 85 % de taux de réussite et 90 % de taux de fixation sur un cycle. Des résultats qui positionnent l'Ifremer en leader dans le domaine de l'ostréiculture.

Gagner en visibilité

La présence de l'Ifremer à Darwin fut une opportunité unique de donner plus de visibilité aux recherches de l'Institut mais aussi de rencontrer des interlocuteurs internationaux, comme le Darwin Aquaculture Center, James Cook University, University of the Sunshine Coast pour l'Australie, et le Cawhtron Institute pour la Nouvelle-Zélande.

Ce fut également l'occasion d'échanger avec des experts d'autres pays du Pacifique Sud, comme Fidji et la Nouvelle-Calédonie.

« Présenter nos projets dans un congrès mondial comme World Aquaculture Conference est essentiel pour la reconnaissance de notre travail, le rayonnement de nos recherches et de notre Institut. » explique Manarii Sham Koua, technicien en zootechnie au sein de l'écloserie des huîtres de roche du Centre Ifremer Pacifique.

Membres de l'unité Ressources marines en Polynésie française présents à la World Aquaculture Conference : Guillaume Mitta, responsable, Manarii Sham Koua, technicien en zootechnie, Cristian Monaco, chercheur en écophysiologie.

Manarii Sham Koua au sein de l'écloserie des huîtres de roche du centre Ifremer Pacifique.
© Ifremer | Heivini Le Gléau



Quinze années d'implication au sein de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

L'investissement de l'Ifremer dans la mise en œuvre au niveau national de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin a permis des progrès scientifiques majeurs pour la surveillance et la compréhension du fonctionnement global du milieu marin.
CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

Depuis plus de 15 ans, en appui au ministère en charge de l'environnement et en collaboration avec l'Office Français de la Biodiversité (OFB), l'Ifremer s'est investi dans la mise en œuvre au niveau national de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) sur les deux volets, environnemental et socio-économique, de cette stratégie. Des avancées scientifiques majeures ont ainsi été réalisées tant pour la surveillance que pour la compréhension du fonctionnement global du milieu marin.

Adoptée en 2008, la DCSMM a pour objectif de maintenir ou restaurer un bon fonctionnement des écosystèmes marins tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures. Dès la mise en place de cette directive, en appui au ministère en charge de l'environnement, l'Ifremer a été missionné pour la coordination de sa mise en œuvre en collaboration avec l'OFB. Il s'est également vu confier la coordination du volet environnemental relatif aux pressions exercées sur le milieu marin, à leur impact et à l'état de la biodiversité. Ce volet a rassemblé en France une dizaine d'organismes scientifiques et techniques. Par ailleurs, l'Ifremer était responsable ou co-responsable de l'évaluation de la moitié des thématiques de ce volet : habitats benthiques, poissons, céphalopodes, espèces exploitées à des fins commerciales, eutrophisation, contaminants et déchets marins. De plus, l'Ifremer était co-responsable avec l'Université de Bretagne Occidentale de l'évaluation du volet portant sur l'analyse socio-économique.



A vocation écosystémique, cette directive a une portée très transversale au sein de l'Institut et a impliqué des équipes des départements Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes, Ressources Biologiques et Environnement et Infrastructures de recherche et Systèmes d'Information.

L'investissement de l'Ifremer depuis de nombreuses années a permis des progrès scientifiques majeurs pour la surveillance et la compréhension du fonctionnement global du milieu marin : acquisition de données en mer, valorisation de réseaux de surveillance, évaluation quantitative plus exhaustive (habitats, espèces évaluées plus nombreux), développement de nouveaux indicateurs, de méthodes d'intégration des données et de propositions innovantes d'évaluation. Un effort considérable d'harmonisation inter-directives (Directive Cadre Planification de l'Espace Maritime [DCPEM], Directive Cadre sur l'Eau [DCE], Directive Habitat-Faune-Flore [DHFF], Politique Commune des Pêches [PCP], etc.) et avec les conventions des mers régionales a également été mené et ce, pour les deux volets de la DCSMM.

En 2024, la coordination et la mise en œuvre du volet environnemental seront confiées en totalité à l'OFB. L'Ifremer restera en charge du volet socio-économique.

La DCSMM en chiffres

- Evaluation écologique de l'environnement sur **4** façades métropolitaines
- Près de **10** organismes scientifiques et techniques mobilisés
- Près de **20** scientifiques Ifremer engagés pour l'animation scientifique, les évaluations et la coordination des activités de surveillance
- Près de **70** indicateurs environnementaux calculés toutes thématiques confondues
- **130** fiches d'analyse économique et sociale établies
- **60** synthèses thématiques environnementales produites

Coordination nationale pour l'Ifremer : Lucile Delmas, Service Valorisation de l'Information pour la Gestion Intégrée et la Surveillance

Et si la génétique pouvait endiguer la propagation de la nodavirose dans les élevages de bars ?

Après des années de recherche sur la propagation de la nodavirose, une maladie virale qui affecte les élevages de bars en mer, les scientifiques de l’Ifremer et d’INRAE ont découvert deux gènes impliqués dans une meilleure résistance à l’infection virale. Ces avancées marquent une étape importante pour l’aquaculture du bar en Méditerranée, voire au-delà.

La nodavirose est la maladie la plus répandue dans les élevages de bars en mer. Cette maladie sévit plutôt en Méditerranée et notamment en Grèce, en Italie et en Turquie, qui hébergent les plus grands élevages de bars en Europe. En se répliquant au sein de l’organisme infecté, ce virus provoque des lésions cérébrales, qui altèrent le comportement de nage et causent le plus souvent une hémorragie cérébrale létale. Avec à la clé, des pertes massives dans les élevages de bars.

Depuis 2013, des scientifiques de l’Ifremer et d’INRAE mènent des travaux pour comprendre pourquoi certains bars résistent mieux à cette maladie. En collaboration avec l’Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail), le SYSAAF (Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français) et des éclosiers professionnelles de bars, ils ont cherché, dans le génome de 7000 bars, les différences qui expliqueraient cette capacité de résistance. Après plusieurs années de recherche, ils ont identifié deux gènes-clés capables de réduire la réplication du virus chez le bar : ZDHHC14 et IFI6.

Avec des taux de survie des populations exposées au virus qui varient : 80 % pour les populations de bars doublement « résistantes » (homozygotes – porteurs des 2 allèles « résistant ») ; 60 % pour les populations hétérozygotes de bars porteuses d’un seul allèle « résistant » et d’un allèle « sensible » ; et 40 % pour les populations doublement sensibles.

Suite à la publication de ces conclusions dans la revue *Genetics Selection Evolution*, les scientifiques et les professionnels des éclosiers françaises de bars poursuivent leurs recherches afin d’utiliser ces gènes marqueurs pour identifier des individus plus résistants et contribuer ainsi à une aquaculture plus durable. Les enjeux sont importants car si le virus se limite aujourd’hui aux eaux chaudes de la mer Méditerranée, il pourrait progresser sur les côtes européennes avec le changement climatique.

* Ces résultats ont été obtenus dans le cadre des projets GeneSea et MedMax soutenus par le Fonds Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP).
Coordination pour l’Ifremer : François Allal, Laboratoire Adaptation et Adaptabilités des Animaux et des Systèmes – UMR MARBEC

Delpuech, E., Vandeputte, M., Morvezzen, R. et al. 2023. Whole-genome sequencing identifies interferon-induced protein IFI6/IFI27-like as a strong candidate gene for VNN resistance in European sea bass. *Genetics Selection Evolution*, 55, 30. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00805-2>



Projet LIFEDEEPEER : mesurer les impacts d'une potentielle exploitation des grands fonds

S'inscrivant dans la continuité des travaux menés de longue date pour connaître et comprendre les écosystèmes des grands fonds marins, le projet LIFEDEEPEER va plus loin avec une nouvelle approche alliant sciences expérimentales, sociales et politiques. L'objectif ? Mesurer les impacts sur les écosystèmes d'une exploitation potentielle des ressources minérales des grands fonds marins.

Manganèse, fer, cuivre, nickel, cobalt, plomb, zinc, molybdène, lithium, titane, niobium, argent, or... Le plancher océanique concentre à certains endroits des ressources minérales marines. Alors que les gisements minéraux terrestres sont de moins en moins rentables, l'exploitation de ces ressources marines présente des intérêts majeurs face aux besoins d'une population mondiale en constante augmentation. Mais quels seraient les impacts écologiques d'une telle exploitation sur les grands fonds ? Pour protéger les écosystèmes et assurer une protection et une gestion durable de ces

ressources, il est essentiel d'augmenter les connaissances scientifiques de ces grands fonds marins.

Mieux connaître les grands fonds pour mieux les protéger

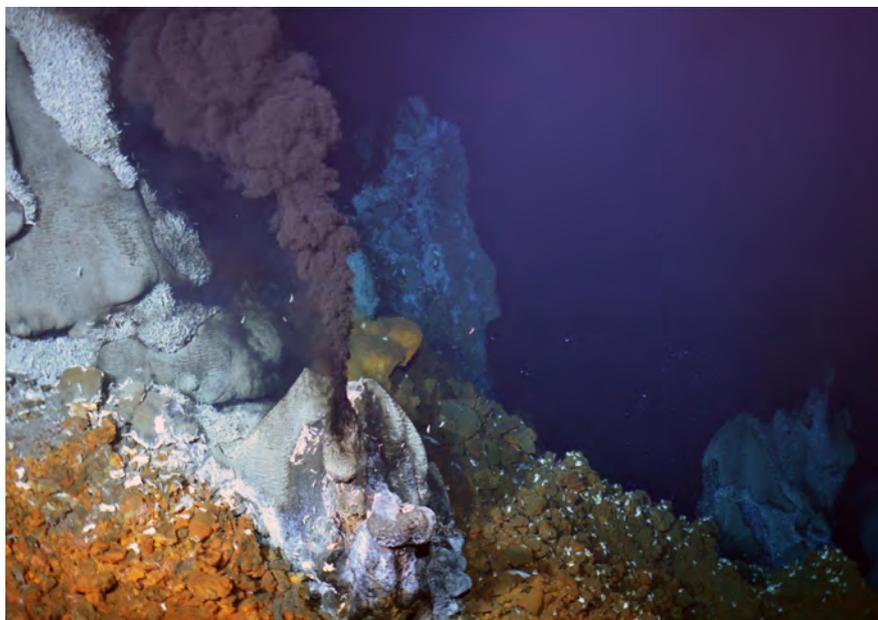
Depuis 2022 et pour une durée de six ans, l'Ifremer pilote le projet LIFEDEEPEER (*Living together in the Future: vulnErability of DEEP sea Ecosystems facing potential mineral Resources exploitation*), financé par le programme prioritaire de recherche « Océan & Climat ». LIFEDEEPEER vise à proposer une stratégie de préservation des ressources à proximité de sources hydrothermales, des environnements mal connus mais potentiellement menacés dans le cadre d'une éventuelle exploitation minière. Il s'inscrit dans la continuité des travaux menés par l'Ifremer sur la description et la compréhension des écosystèmes des grands fonds marins.

Le projet est mené dans une zone spécifique de la ride médio-atlantique à 3600 mètres de profondeur au niveau, entre autres, des champs

hydrothermaux TAG et Snake Pit, distants de 300 km. S'appuyant sur une équipe de scientifiques pluridisciplinaire, l'Ifremer cherche à comprendre le fonctionnement géologique, géochimique et biologique des écosystèmes au niveau de cette zone. Cela permettrait d'obtenir de nouveaux marqueurs ou paramètres déterminants pour suivre et vérifier leur bon état écologique, et *in fine*, proposer des solutions pour une gestion et une protection durables des grands fonds marins.

Aller au-delà des enseignements scientifiques

LIFEDEEPEER comprend une analyse juridique, politique et sociologique d'une éventuelle exploitation des ressources minérales des grands fonds marins. Le projet comporte également un volet communication, afin de valoriser les résultats scientifiques et de sensibiliser le public (scolaires, étudiants, citoyens, décideurs...) via des actions éducatives, de sciences participatives et des projets artistiques.



Coordinatrice du projet LIFEDEEPEER :
Marie-Anne Cambon — Laboratoire
de Microbiologie des Environnements
Extrêmes — Ifremer



LIFEDEEPEER est financé dans le cadre du programme prioritaire de recherche « Océan et Climat » piloté par l'Ifremer et le CNRS au profit de toute la communauté scientifique française. Lancé en 2021 pour une durée de six ans, ce programme, labellisé par la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable et intégré au financement de France 2030, est doté d'un budget de 40 millions d'euros. Son ambition : structurer les forces de la recherche française autour de 7 grands défis scientifiques pour mieux connaître et protéger l'Océan. Pour en savoir plus : <https://www.ocean-climat.fr/Les-actions-et-projets/Les-projets-de-recherche/LIFEDEEPEER>

Les fonds océaniques sont riches en ressources minérales et représentent également le plus vaste habitat du monde. Pour une protection et une gestion durable des grands fonds, il est essentiel d'améliorer notre connaissance de ces écosystèmes. © Ifremer

L’Ifremer veille sur les ressources minérales des grands fonds pour le compte de l’État

Sébastien Ybert,
coordinateur France 2030 Grands
fonds marins au département
Ressources Physiques
et Écosystèmes de fonds
de Mer de l’Ifremer.
CC-BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Chaque semestre, l’Ifremer adresse à l’État un rapport de veille sur les questions de ressources minérales des grands fonds. Une synthèse qui, au-delà de son intérêt scientifique, passe au peigne fin l’actualité d’une thématique qui évolue au rythme du travail de certains acteurs et d’un cadre réglementaire lui aussi en perpétuelle évolution. Coordinateur France 2030 Grands fonds marins au département Ressources Physiques et Écosystèmes de fonds de Mer (REM) de l’Ifremer, Sébastien Ybert explique l’importance de ce document et le contexte dans lequel s’inscrit sa production.

Quels types de ressources minérales trouve-t-on dans les grands fonds ?

Il en existe trois. On peut citer d'abord les nodules polymétalliques formés par l'accumulation de précipitations de minéraux qui s'agglomèrent autour d'un débris comme un caillou par exemple. Leur taille varie de celle d'une petite pomme de terre à celle d'une balle de tennis. Composés notamment de manganèse, de cuivre, de cobalt et de nickel, on les retrouve dans les plaines abyssales, assez loin des côtes. Autre ressource : les sulfures polymétalliques que l'on rencontre dans des zones plus chahutées, en particulier le long des dorsales océaniques, où se crée la croûte océanique. Dans ce cas, il est plutôt question d'eau de mer qui s'infiltré dans les roches, se charge en minéraux, se réchauffe et remonte à la surface de la croûte océanique par panaches qui précipitent en prenant la forme de cheminées. Ces sulfures polymétalliques comportent du cuivre, du zinc, et parfois de l'argent et de l'or. Troisième ressource répertoriée : les encroûtements cobaltifères. Nombreux dans le Pacifique, ils se créent un peu sur le même mécanisme que les nodules polymétalliques mais se trouvent, eux, sur le dessus des monts sous-marins. Là, une croûte dont l'épaisseur peut atteindre 20 centimètres se forme sur le substrat rocheux. On y décèle, là encore, du manganèse, du cuivre et du nickel, mais aussi des éléments du groupe du platine.

Au-delà des connaissances sur les mécanismes de formation, pourquoi est-ce important pour l'État d'être informé sur le sujet ?

Nous sommes à l'ère des technologies de transition, et cela génère un intérêt pour certains métaux avec, par exemple, des acteurs industriels qui souhaitent en développer l'exploitation en mer pour répondre à une augmentation croissante des besoins, à l'heure où l'exploitation de certaines de ces matières sur terre se complexifie (impacts environnementaux et sociétaux, diminution des teneurs, etc.). Une urgence pas si avérée pour l'Académie européenne des sciences, qui prône plutôt l'évolution des volumes de consommation, les évolutions technologiques et le recyclage, tout en soulignant le fait que le minage en eaux profondes peut détruire des écosystèmes très fragiles, méconnus et dont le rôle dans les cycles globaux reste à comprendre. Il y a aussi des questions de géopolitique avec des positionnements qui varient d'un État à l'autre. Notre travail dans le cadre de cette veille, n'est donc pas de donner un point de vue mais de transmettre au ministère de la Transition écologique un état des lieux des informations et des connaissances sur ce sujet.

On note, sur les trois dernières décennies, une augmentation du nombre de contractants auprès de l'Autorité Internationale des Fonds Marins auxquels des feux verts sont octroyés pour effectuer des campagnes d'exploration dans diverses eaux du globe. L'Ifremer en fait partie. En quoi ces missions d'exploration, en plus de caractériser certaines zones, nourrissent-elles votre travail de synthèse ?

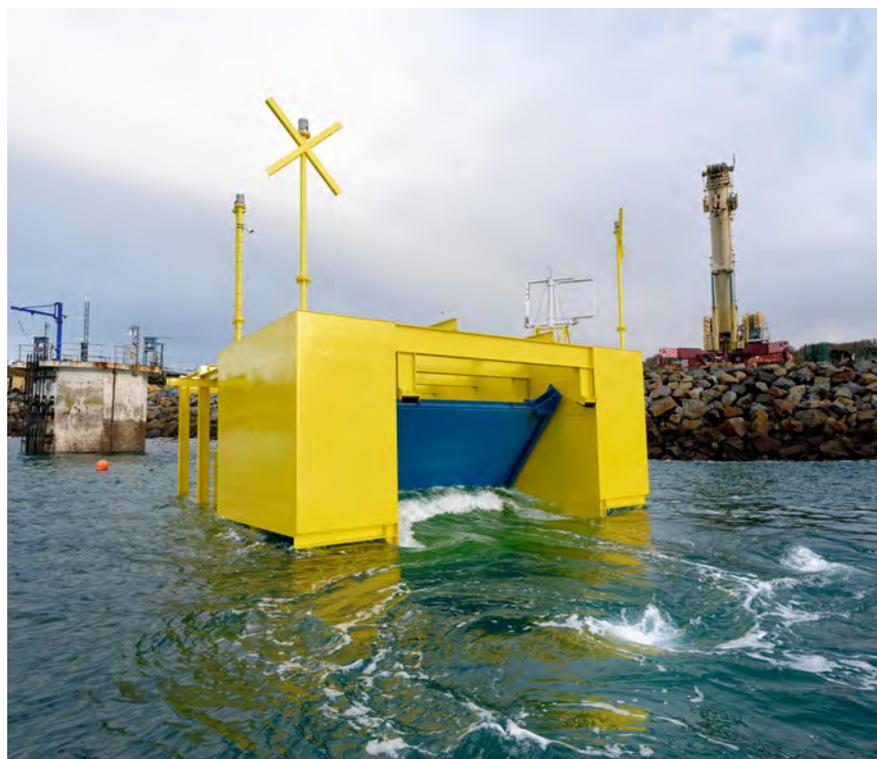
Les activités d'exploration menées par l'Ifremer, par d'autres contractants et plus généralement par des équipes scientifiques travaillant sur ces mêmes environnements, améliorent la connaissance et la compréhension des phénomènes relevant des géosciences mais aussi de questions portant sur l'environnement. Cela est, par exemple, le cas sur la contribution des sources hydrothermales dans les cycles des métaux, ou encore le rôle des écosystèmes profonds dans le cycle du carbone. Ces campagnes et recherches donnent lieu à des publications scientifiques, des communiqués de presse ou autres supports de communication que nous collectons, notamment grâce aux outils mis en œuvre par la bibliothèque La Pérouse. Notre veille sur les ressources minérales prend donc, depuis 2015 la forme d'un rapport effectué tous les six mois pour le compte de la direction de l'eau de la biodiversité du ministère de la Transition écologique, qui les relaie ensuite à d'autres ministères (Affaires étrangères, Outre-mer, secrétariat général de la mer...) ainsi qu'à des acteurs publics et privés comme le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) et le Cluster Maritime Français. L'objectif est clair : produire une synthèse des informations publiques accessibles sur le secteur, en particulier sur les questions scientifiques, les actions d'exploration de X ou Y pays, les éventuelles volontés d'exploitation, et l'évolution du cadre juridique. Ce relai simple, à la fois quantitatif et qualitatif, met aussi en lumière les plus récentes publications. On note, aujourd'hui, que la question de l'exploitation des ressources minérales des grands fonds dans les eaux internationales — qui n'est pas autorisée — prend une ampleur grandissante. Les aspects économiques ne relèvent pas de notre compétence et sont couverts, pour ce qui est des ressources minérales au sens large, par le BRGM. Notre état des lieux semestriel reste focalisé sur le domaine marin.

Qui mobilise-t-on pour ce travail de collecte et d'analyse ?

Ces rapports estampillés Ifremer à 100 % reposent sur le savoir-faire de cinq personnes : une documentaliste de l'équipe Information Scientifique et Technique de la bibliothèque La Pérouse, une membre de la direction des Affaires européennes et internationales, un chercheur responsable d'unité qui couvre toutes les questions scientifiques liées à l'environnement et un ingénieur géologue qui pilote le volet scientifique géoscience, et avec lequel nous partageons également les volets exploration et exploitation. Ce dernier m'accompagne également sur la coordination de la veille. Les questions réglementaires sont quant à elles de mon ressort. D'autres compétences peuvent, selon les rapports, venir se greffer à cette équipe.

DIKWE, une digue portuaire pour transformer l'énergie des vagues en électricité

DIKWE sera la première digue portuaire productrice d'électricité grâce à un système de récupération de l'énergie des vagues — Prototype testé en rade de Brest.
CC-BY Olivier Dugornay – Ifremer



Après plusieurs phases de tests concluants, la première digue portuaire productrice d'énergie renouvelable devrait voir le jour d'ici 2025 sur les côtes françaises. Initié en 2020 par le Groupe Legendre, ce projet de recherche et développement est poursuivi en collaboration avec GEPS Techno et l'Ifremer qui a mené les essais en bassin puis en mer.

Protéger les ports et le littoral tout en produisant de l'énergie à partir d'une ressource marine renouvelable, celle des vagues : c'est le projet DIKWE lancé en 2020 par le Groupe Legendre en partenariat avec GEPS Techno qui a modélisé le prototype avec le soutien des scientifiques de l'Ifremer. DIKWE, qui sera la première digue littorale à énergie positive au monde, est basée sur un système houlomoteur à volets oscillants, qui permet de convertir l'énergie des vagues en électricité durable et locale. Et ce, tout en remplissant sa fonction première de digue portuaire : la protection du littoral.

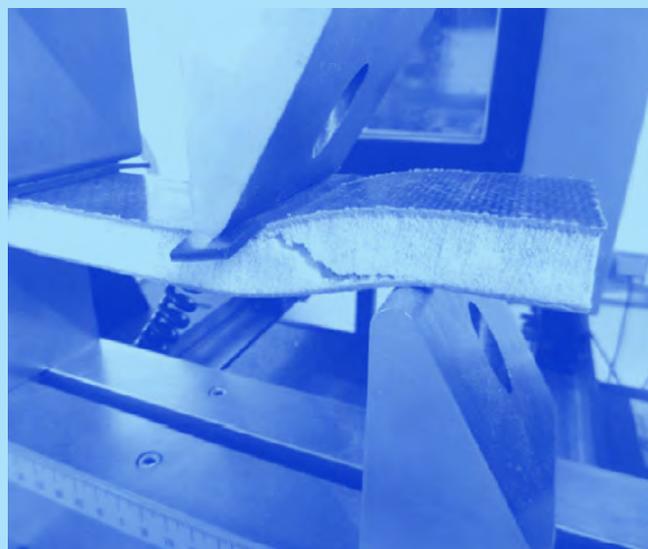
De la simulation numérique au prototype : des résultats satisfaisants

Après une première modélisation numérique par GEPS Techno, DIKWE a pris la forme d'une maquette à échelle 1/15 qui a été testée en 2021 dans le bassin océanique de houle de l'Ifremer à Brest, puis d'un prototype à l'échelle 1/4 immergé en mars 2022 sur le site Ifremer d'essais en mer de Sainte-Anne du Portzic, près de Brest. Ces essais en mer ont permis de tester le prototype en conditions réelles, sous toutes les formes de mer, notamment en situation de houles sévères. Les résultats sont positifs tant sur le comportement structurel que sur le rendement énergétique du prototype. DIKWE permet en effet d'obtenir un rendement moyen de 40 % « de la vague à l'électron » en conditions favorables, soit une production majeure pour un système houlomoteur.

Ces résultats confirment ceux obtenus lors des essais en bassin et valident ainsi l'entrée du projet en 2023 dans sa dernière phase de recherche et développement : la construction du démonstrateur à taille réelle qui pourrait voir le jour à horizon 2025 sur un site qui reste à identifier le long des côtes françaises. Les études techniques et de construction du dispositif menées en 2023 vont donc se poursuivre en 2024. Ces études s'accompagnent de mesures et modélisations des champs de vagues en zones côtières, données clés pour la réussite de ce projet.

Chef de projet pour l'Ifremer : Marc Le Boulluec,
Laboratoire Hydrodynamique Marine
Chef de projet pour le groupe Legendre :
Quentin Henry
Président de GEPS Techno : Jean-Luc Longeroche

Des innovations qui riment avec transitions



Tests d'un dispositif pour créer de l'électricité avec les vagues

En partenariat avec l'Ifremer, la start-up Seaturns teste depuis octobre 2023 un prototype de système de production d'énergie houlomotrice sur le site d'essais en mer de l'Ifremer à Saint-Anne du Portzic. Pendant 10 mois, les équipes de Seaturns et de l'Ifremer suivent le comportement du prototype, afin de démontrer son potentiel en conditions réelles. D'autres essais seront nécessaires pour déployer cette nouvelle technologie à plus grande échelle, dans une configuration de multiflotteurs. La commercialisation d'unités de production d'électricité très bas carbone devrait démarrer en 2025.

Ce prototype bénéficie du financement de l'État dans le cadre de France 2030 et de l'Union européenne dans le cadre du plan France Relance. Il a été conçu dans le cadre du projet IAS-WEC, qui a remporté en juillet 2023 le concours d'innovation de l'État, i-Nov.

Chef de projet pour l'Ifremer : Martin Träsch,
Laboratoire Hydrodynamique Marine
Président et fondateur de Seaturns : Vincent Tournier



Installation pour 10 mois de test en Rade de Brest
du prototype d'un nouveau système prometteur
de production d'énergie houlomotrice proposé
par la start-up Seaturns (Bordeaux).
CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

Des bateaux de course plus écologiques

Fabriquer la coque des bateaux de course avec des matériaux plus respectueux de l'environnement : c'est le pari du laboratoire d'innovation MerConcept fondé par le skipper François Gabart, qui a sollicité l'Ifremer pour évaluer la résistance de deux matériaux composites innovants (à base de fibres de lin ou bambou associées à des mousses issues du recyclage) par rapport aux actuelles structures fibres de verre/mousse de PVC. L'Ifremer a ainsi mis à disposition ses moyens d'essais pour évaluer les seuils d'endommagement et de rupture de ces matériaux selon l'intensité des chocs appliqués. Et les premiers résultats sont très encourageants avec une fibre de lin suffisamment résistante, un surpoids négligeable et un gain de 20 à 25 % d'équivalents CO₂!

Chef de projet pour l'Ifremer : Peter Davies, Laboratoire Structures
Matériaux Avancés et Sollicitations Hyperbares

Évaluation de la résistance de matériaux
composites innovants pour la fabrication
de la coque des bateaux — Test de rupture
sur un matériau composite à base de fibres
de bambou. © Ifremer

L'intelligence artificielle au service du routage météo maritime

Cargo dans la tempête en Méditerranée
CC-BY Olivier Dugornay — Ifremer

La start-up Marine Weather Intelligence (MWI) est lauréate de l'édition 2023 du concours d'innovation Octo'pousse de l'Ifremer. S'appuyant sur l'intelligence artificielle, elle vise l'émergence d'un modèle amélioré de prévisions de vagues avec deux objectifs : sécuriser et décarboner la navigation.

Pour trouver la route optimale en mer, les navigateurs s'appuient sur des prévisions météorologiques établies par des modèles nourris par des volumes très importants de données atmosphériques et océaniques, comme le vent, les courants, les vagues... Toutefois, les paramètres qui caractérisent les vagues comme la force, la hauteur, la direction, la période sont des variables généralement moins regardées car elles n'ont pas d'impact sur le plan climatique. Or les états de mer ont une influence sur la vitesse d'un bateau, sa trajectoire et sa consommation de carburant. La houle est aussi un élément déterminant pour assurer la sécurité des opérations de sauvetage en mer ou de maintenance de matériels immergés. MWI, fondée notamment par Christian Dumard, l'un des routeurs mythiques de la course au large, se propose de répondre à ce manque.

Optimiser les calculs de routage avec l'intelligence artificielle

Pour porter cette ambition, la jeune start-up peut compter sur le soutien scientifique de l'Ifremer qui l'a désignée comme lauréate de la



troisième édition de son concours d'innovation Octo'pousse. MWI s'appuie sur l'intelligence artificielle afin d'automatiser les calculs de routage des navires de plaisance et de transport maritime et de réduire ainsi l'incertitude des prévisions. En plus d'une enveloppe d'environ 250 000 euros sur 18 mois pour concrétiser leur projet, les heureux gagnants bénéficient de l'expertise de l'Ifremer dans la modélisation de la physique atmosphérique ou de la physique des vagues, des éléments clés dans le routage météorologique.

Concrètement, un ingénieur *data scientist* a rejoint pendant 18 mois les équipes scientifiques du centre Ifremer à Brest pour identifier et sélectionner les données qui alimenteront les modèles prédictifs.

Une fois la phase d'apprentissage effectuée, le modèle finalisé sera capable de fournir rapidement des prédictions des états de mer. À terme, l'outil conçu par MWI prendra la forme d'une plateforme en ligne où les navigateurs pourront consulter en direct les informations météorologiques et les recommandations de routage. Ils pourront ainsi adapter leur vitesse aux conditions réelles de la mer et donc réduire leur consommation de carburant, tout en assurant une navigation plus sécurisée.

Porteurs du projet pour l'Ifremer :
Nicolas Raillard (laboratoire Hydrodynamique Marine) et Mickaël Accensi (Laboratoire Spatial et Interfaces Air-Mer)
Co-fondateurs de Marine Weather Intelligence : Christian Dumard et Basile Rochut

Les bactéries marines, une solution prometteuse pour améliorer la qualité et la sécurité sanitaire des produits de la mer

La pulvérisation de souches bactériennes marines sur le saumon fumé permet d'empêcher le développement de la bactérie pathogène *Listeria monocytogenes* tout en limitant la dégradation organoleptique (apparence, goût, odeur, texture) de l'aliment.
CC-BY Françoise Leroi - Ifremer.

Des scientifiques de l'unité MASAE (Unité Microbiologie, Aliment, Santé, Environnement) de l'Ifremer étudient le microbiote de salmonidés afin de comprendre son effet sur la qualité et la sécurité sanitaire des aliments qui en sont issus.

En raison de la composition de leur chair et de l'absence de traitement thermique de décontamination ou d'additifs, les produits de la mer semi-préservés, comme le saumon fumé par exemple, sont très sensibles au développement microbien. Quand ils sortent de l'usine de transformation, ces produits renferment un microbiote qui est influencé à la fois par le microbiote des poissons et par le microbiote environnemental de chaque usine. Au cours de la conservation à températures réfrigérées, des bactéries, y compris celles qui sont nocives pour l'homme (principalement *Listeria monocytogenes*), se multiplient. Leur croissance dépend de facteurs abiotiques (sel, fumage, pH, température de conservation du produit...) mais également des interactions entre les espèces bactériennes. Ce développement bactérien peut impacter la qualité gustative et la sécurité sanitaire de l'aliment.

Par l'apport de souches de bactéries marines sélectionnées pour leurs activités antimicrobiennes (biopréservation), l'équipe du Laboratoire Ecosystèmes Microbiens & Molécules Marines pour les Biotechnologies (responsable : Françoise Leroi ; Unité MASAE) cherche à comprendre et



à maîtriser le microbiote des produits de la mer semi-préservés. Dans le cadre du projet européen H2020 MASTER (*Microbiome Applications for Sustainable food systems through novel TEchnologies and EnterRprise*, 2019-2023), des résultats encourageants ont été obtenus*. Trois souches de bactéries lactiques (propriété Ifremer/Oniris) étudiées depuis longtemps au laboratoire ont été testées. Produites et lyophilisées par un industriel, l'une a montré un très bon effet anti-listeria dans des tranches de saumon fumé, tout en limitant le développement des bactéries d'altération et la dégradation organoleptique (relative à l'apparence, le goût, l'odeur, la texture). Ces travaux ont permis d'augmenter le niveau de maturité de la technologie de biopréservation sur le saumon fumé, et la souche a été licenciée à l'industriel qui a co-financé ces travaux.

Le second objectif était d'explorer le potentiel probiotique des bactéries marines en salmoniculture et la biopréservation induite. L'activité probiotique d'une souche bactérienne a ainsi été validée *in vivo* sur des juvéniles de salmonidés (Omble chevalier) avec une

amélioration de la croissance. De plus, un bain des poissons juste avant abattage dans une eau contenant la souche d'intérêt, a montré qu'elle était ensuite naturellement répandue sur la chair des filets et empêchait le développement de la bactérie pathogène *Listeria monocytogenes*. Ceci ouvre des perspectives d'utilisation nouvelles pour les souches bioprotectrices de l'Ifremer, qui étaient jusqu'à présent principalement utilisées dans les produits transformés. Ces travaux vont se poursuivre dans le cadre de nouveaux projets européens sur la biopréservation.

* Begrem S., Ivaniuk F., Gigout-Chevalier F., Kolypczuk K., Bonnetot B., Leroi F., Grovel O., Delbarre-Ladrat D., Passerini D. 2020. *Microorganisms*, 8(7), 1093; <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071093>

Jérôme M., Passerini D., Chevalier F., Marchand L., Leroi F. and Macé S. 2022., *International Journal of Food Microbiology*, 363, 109504. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109504>

Knobloch S., Skírnisdóttir S., Dubois M., Kolypczuk L., Leroi F., Leeper A., Passerini D. and Thór Marteinsson V. 2022., *Frontiers in Microbiology*, 13, 912473 (14p.). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.912473>

Des bactéries marines à l'origine de nouvelles molécules anticancéreuses

Sylvia Collic-Jouault, chercheuse
au laboratoire Écosystèmes
Microbiens et Molécules Marines pour
les Biotechnologies, ambitionne
de valoriser des molécules issues
de bactéries marines pour
des traitements anticancéreux.
CC BY Faustine Verger – Ifremer



Nom de code: MAPACA pour *Marine polysaccharides and cancer*. Mené main dans la main avec la Société d'Accélération du Transfert de Technologie (SATT) Ouest Valorisation, ce projet qui concrétise des années de recherche est une illustration concrète que l'océan peut contribuer à soigner l'Humain. Chercheuse au laboratoire Écosystèmes Microbiens et Molécules Marines pour les Biotechnologies de l'Ifremer, Sylvia Collic-Jouault dresse le bilan d'un travail qu'elle espère voir prendre une nouvelle dimension dans les années à venir.

En avril 2020, Ouest Valorisation officialisait, via son comité d'investissement, le cofinancement d'un programme d'utilisation des polysaccharides — des polymères de la famille des glucides — d'origine marine en cancérologie. On imagine qu'il y a eu, avant cette annonce, de nombreuses étapes...

Les prémices de ce qu'est aujourd'hui MAPACA remontent à près d'une vingtaine d'années, lorsqu'a débuté une collaboration avec Dominique Heymann, un professeur de l'Université de Nantes. Thèses, recherches, campagnes océanographiques, essais etc. : au fil du temps, nous avons découvert que les espaces sous-marins profonds recelaient des bactéries capables de produire des dérivés de polysaccharides, qui ressemblent à ceux que l'on trouve dans les tissus humains et s'avèrent bénéfiques pour restaurer les fonctions cellulaires. Ces molécules sont très recherchées dans des domaines aussi variés que la cosmétique, l'agroalimentaire, et surtout la santé. Nos études ont permis de déposer un brevet en 2015 et, c'est à partir de là que nous avons proposé, avec la Société d'Accélération du Transfert de Technologie (SATT) Ouest Valorisation, d'aller encore plus loin sur le potentiel des molécules.

Avec l'ambition affichée de vérifier si ces molécules pouvaient être actives sur plusieurs types de cancers ?

C'était l'idée, oui. Lors des premiers tests effectués dans le cadre de MAPACA en septembre 2021, nous avons voulu vérifier l'effet *in vitro* de plusieurs dérivés sur des cellules cancéreuses d'origine différente. Cela a permis de montrer, dès 2022, que certains de nos produits inhibaient la prolifération, notamment des cellules d'ostéosarcome, une tumeur maligne osseuse de l'adolescent et du jeune adulte. 2023 a marqué le début de nos premières études *in vivo* (sur des souris). Là encore, les résultats se sont avérés positifs, et à la hauteur de l'efficacité de la doxorubicine, un médicament utilisé pour la chimiothérapie, puisque nos composés réduisaient la croissance d'autres tumeurs cancéreuses chez la souris comme le cancer du poumon, par exemple. Un nouveau brevet a été déposé. Au-delà de ces premières avancées, les résultats démontrent tout l'intérêt du travail de l'Ifremer. Grâce aux campagnes océanographiques durant lesquelles sont prélevées depuis une trentaine d'années des bactéries des grandes profondeurs, une souchothèque quasiment unique au monde a pu être constituée. Fermenteurs, réacteurs etc. : l'équipe dispose également d'équipements très performants pour cultiver les bactéries, produire, isoler, caractériser les polysaccharides et aussi les modifier (dépolymérisation, resulfatation) pour leurs activités en cancérologie. C'est un vrai plus, pour nous, de savoir manipuler les bactéries marines pour produire des molécules biotechnologiques dans un milieu contrôlé.

Cette approche pré-clinique marque l'aboutissement de MAPACA. Que lui faut-il désormais pour passer à l'étape supérieure ?

La suite dépendra des financements que des investisseurs seront prêts à mettre sur la table afin de compléter notre travail pour aller vers des études cliniques. Nous avons besoin de plusieurs millions d'euros pour préparer cela. La SATT a aujourd'hui la liberté de contacter les structures qui permettraient de valoriser les brevets que nous avons déposés. Il y a encore beaucoup à faire, mais il faut y croire. Et nous y croyons.

Vous avez, durant votre carrière de chercheuse, déposé quatorze brevets, principalement autour de la réparation cellulaire. En quoi MAPACA est-il un projet singulier à vos yeux ?

Il faut donner une chance à cette molécule. Rendez-vous compte, on parle de travaux de recherche qui pourraient être utiles pour guérir des gens si on exploite les résultats obtenus. Le tout, potentiellement, sans effet secondaire et en réparant des tissus que la chimiothérapie, elle, détruit. On a encore trop peu recours aux molécules d'origine marine pour fabriquer des médicaments. Imaginez que les nôtres apportent des solutions en cancérologie...

Construire et partager un océan numérique

Un océan de données et de services

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

Datarmor, un supercalculateur dédié aux sciences marines et aux capacités décuplées

En accès libre, le supercalculateur Datarmor (Ifremer – Plouzané, Finistère) offre aux chercheurs des performances de calcul exceptionnelles associées à des données issues d'observations sur tous les océans, des grands fonds marins à l'espace.
CC-BY Olivier Dugornay – Ifremer

Face à l'explosion des données scientifiques sur l'océan, l'Ifremer modernise les infrastructures de son supercalculateur Datarmor, hébergé au sein du centre Ifremer Bretagne à Plouzané. Seul centre de données entièrement dédié à l'océan en France, Datarmor va ainsi voir sa capacité de stockage multipliée par 6 pour une consommation d'énergie identique.

Depuis 2017, l'Ifremer met à disposition de la communauté océanographique française son supercalculateur Datarmor qui permet de rassembler, stocker et analyser un volume colossal de données sur l'océan. En effet, des informations précieuses sont collectées quotidiennement sur l'océan, de nature et de sources différentes : observation de l'océan par satellite, cartographie des fonds marins par les navires océanographiques ou encore relevés des bouées instrumentées et des flotteurs.

426 téraflops de puissance de calcul pour Datarmor

Datarmor dispose actuellement d'une puissance de calcul de 426 téraflops (l'équivalent d'environ 3 000 ordinateurs individuels réunis), d'une capacité de stockage de 10 pétaoctets (10 millions de gigaoctets) et de 4 supercalculateurs dédiés à l'intelligence artificielle. Accessible gratuitement, cette incroyable puissance de calcul et de stockage permet aux chercheurs de réaliser des calculs très poussés et des simulations numériques pour mieux étudier l'océan et l'évolution du climat. Afin d'exploiter au mieux les capacités de Datarmor, ils sont accompagnés par une cellule d'ingénieurs dédiée, déployée par le pôle de calcul



de l'Ifremer. Cette cellule assure aussi un rôle d'intermédiaire avec les grands centres nationaux.

Une infrastructure plus performante et résiliente

À mesure que les technologies progressent, les données scientifiques issues d'instruments de mesure et de simulations numériques sont plus précises, mais aussi plus gourmandes en temps de calcul et en stockage des données. Pour répondre à ces évolutions et maintenir le pôle à la pointe des capacités techniques disponibles, l'Ifremer a lancé en 2023 un chantier de modernisation des infrastructures du centre Datarmor. La plateforme a été dotée de nouvelles solutions de stockage de forte capacité et moins énergivores, qui permettront à terme

de multiplier la capacité de stockage actuelle par 6 pour une même consommation d'énergie.

S'inscrivant dans une stratégie européenne et nationale d'analyse des données scientifiques, Datarmor contribue au rayonnement scientifique de la région Bretagne. Son renouvellement est soutenu par l'État et la Région Bretagne dans le cadre du « Contrat de Plan État-Région 2021 2027 » de Bretagne à hauteur de 4,5 millions d'euros, et du projet Equipex+ GAIA-Data porté notamment par l'infrastructure de recherche nationale Data Terra à hauteur de 1,2 millions d'euros, désormais intégrés au plan France 2030.

Responsable de la plateforme Datarmor:
Benoît Morin, Service Ressources Informatiques et Communications, Ifremer

Infrastructures de recherche JERICO et ILICO : une synergie vers l'observation intégrée littorale et côtière de demain

De gauche à droite : Laurent Delauney,
coordinateur du projet européen
JERICO (*Joint European Research
Infrastructure of Coastal
Observatories*) et Alain Lefebvre,
codirecteur de l'Infrastructure de
recherche Littorale et Côtière (ILICO).
CC BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Fédérer, pour mieux observer et comprendre les milieux et les écosystèmes littoraux et côtiers à l'échelle nationale et européenne : les infrastructures de recherche (IR) JERICO (*Joint European Research Infrastructure of Coastal Observatories*) et ILICO (Infrastructure de recherche Littorale et Côtière) rassemblent la communauté scientifique autour d'ambitions communes. Laurent Delauney, coordinateur du projet JERICO et Alain Lefebvre, codirecteur de ILICO, évoquent le rôle et l'intérêt de ces dispositifs dans lesquels l'Ifremer est pleinement impliqué.

JERICO et ILICO ont déjà quelques années derrière elles. Qu'est ce qui a conduit à leur création ?

Alain Lefebvre : Pour ILICO, l'histoire remonte au début des années 2000, lorsqu'il a été question d'harmoniser le mode de fonctionnement et de formaliser les services d'observation de l'Institut National des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS. L'État est allé dans ce sens, avec comme objectif de fédérer les systèmes d'observation en milieux littoral et côtier et ses organismes opérateurs, y compris dans la France d'Outre-mer. On parle en effet d'un environnement complexe aux interactions multiples qui subit de nombreuses pressions nécessitant une coopération pluridisciplinaire (océanographie physique, hydrologie, biogéochimie, biologie marine, géomorphologie littorale, météorologie). Pour l'appréhender, l'Ifremer, le CNRS ainsi que les autres organismes signataires ou partenaires ont contribué au développement de l'IR ILICO avec comme reconnaissance ultime, sa labellisation en 2016 et son inscription par l'État dans la feuille de route « stratégie nationale des IR ».

Laurent Delauney : JERICO s'inscrit dans le sens de cette démarche, au niveau européen (17 pays), où l'on ne dénombre pas moins de 600 systèmes de mesure côtiers. Cette harmonisation dont parle Alain est donc à la fois cruciale et pleine de potentiel. JERICO a débuté par des projets financés dès 2010. Neuf pays disposent aujourd'hui d'IR comme ILICO, sur lesquelles nous nous appuyons, tout en essayant d'emmener avec nous d'autres nations. L'ambition, c'est de jouer le rôle de catalyseur afin de proposer des activités et services aux politiques publiques pour favoriser, par exemple, l'économie bleue et les énergies marines renouvelables. Après JERICO-FP7 (2011-2014) et JERICO-NEXT (2015-2019), le projet en est actuellement à sa troisième et dernière phase : JERICO-DS (*Design Study*), qui tend à nous permettre de postuler au rang d'*European Research Infrastructure Consortium* (ERIC), c'est-à-dire une entité juridique établie par décision de la Commission Européenne et, en parallèle, JERICO-S3 (la troisième édition du projet JERICO).

Une étape qui permet d'évaluer l'efficacité du concept sur des sites pilotes à l'échelle européenne...

L.D. : Exactement. Avec cinq sites ateliers spécifiques dont le but est de progresser scientifiquement sur l'intégration entre équipes, pays, disciplines et systèmes axés autour des besoins sociétaux. Ajoutons à cela un autre objectif majeur de JERICO-S3 : le développement d'un Environnement Virtuel de Recherche basé sur les meilleurs pratiques et la fourniture de services afin de faciliter la vie des chercheurs et des parties prenantes.

Comment ILICO alimente toutes ces avancées ?

A.L. : On se nourrit des services nationaux d'observation et de projets scientifiques sur tout le territoire, qu'ils soient ou non estampillés ILICO, d'ailleurs. Une fois encore, c'est en fédérant à l'échelle du pays, que nous contribuerons à faire émerger une communauté scientifique européenne qui travaillera main dans la main pour mieux observer et comprendre le fonctionnement de notre environnement littoral et côtier et, c'est important, pour contribuer à prédire ce qui pourrait s'y passer à l'avenir.

L.D. : ILICO pourrait vivre sans JERICO, mais irait sans doute moins vite sur l'acquisition de savoir en restant cantonnée aux frontières de l'Hexagone. En s'ouvrant, on gagne forcément en efficacité.

Quels aboutissements peut-on espérer dans le futur grâce à ces deux IR ?

A.L. : Un certain nombre de résultats clés sur l'évolution à long terme des environnements littoraux et côtiers ont déjà pu être mis en évidence grâce aux données acquises via l'IR ILICO. On peut citer la caractérisation de l'évolution de la dynamique et de la biodiversité du phytoplancton — un maillon essentiel pour le réseau trophique — et le suivi à haute résolution temporelle (via des bouées instrumentées) des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des masses d'eau en réponse aux diverses pressions humaines. Avec la diversité des systèmes d'observation dont on dispose, il est également possible de traquer les phénomènes rares ou extrêmes ayant des effets sur le milieu, comme les vagues de chaleur marine. Il en va de même concernant l'impact des tempêtes et/ou du changement climatique sur l'élévation du niveau de la mer, l'érosion côtière, la dynamique et la diversité des organismes qui vivent en pleine eau ou sur les fonds marins.

L.D. : JERICO-NEXT, en 2019, a démontré pour la première fois que l'on retrouve des traces d'activité humaine (antibiotiques, herbicides, hydrocarbures, additifs alimentaires) dans les eaux côtières, mais aussi au large. Il s'agit là d'un exemple très concret de la façon dont JERICO, grâce à son approche intégrée sur de larges régions européennes et en connexion avec les autres IRs d'observation, peut apporter sa pierre à l'édifice de l'observation marine. Devenir un ERIC, et donc avoir la possibilité de mettre en pratique une stratégie sur le long terme, de collaborer à l'échelle européenne plus efficacement, et donc, *in fine*, de gagner du temps, nous permettrait de continuer à aller dans ce sens. Notre souhait est vraiment d'optimiser la recherche scientifique sur le milieu marin côtier et littoral grâce à une observation marine optimisée à l'échelle européenne. Ce changement de paradigme est notre objectif.

Pour en savoir plus : Observer et comprendre les zones côtières et littorales — Infrastructures d'observation des océans
<https://www.ifremer.fr/fr/infrastructures-de-recherche/observer-et-comprendre-les-zones-cotieres-et-littorales>

Un observatoire franco-japonais pour étudier les monts sous-marins en Nouvelle-Calédonie

L'Ifremer et la Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) ont installé un nouvel observatoire sous-marin pour étudier la biodiversité et l'environnement des monts sous-marins du parc naturel de la mer de Corail, l'une des plus grandes aires marines protégées au monde. L'occasion de tester cette nouvelle génération d'observatoires multidisciplinaires en vue d'un déploiement dans d'autres régions du monde.

Début mai 2023, des scientifiques de l'Ifremer, de la JAMSTEC et de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) se sont rendus au sud de la Nouvelle-Calédonie, pour installer les premiers éléments d'un observatoire sous-marin entre 500 et 1100 m de profondeur sur les flancs et le sommet du mont Stylaster. Depuis l'*Antéa*, navire de la Flotte océanographique française, ils ont déployé un dispositif composé d'une ligne de mouillage expérimentale dotée de capteurs et d'échantillonneurs,

et d'une station de fond de mer équipée de caméras haute définition. A partir des données collectées par ces instruments pendant 12 mois, ils vont étudier l'environnement et le fonctionnement de ces écosystèmes encore méconnus et riches en biodiversité.

Modulaire et mobile, ce nouvel observatoire assurera un suivi à très haute fréquence d'un ensemble de paramètres physiques et biologiques. La mesure des courants, de la température, de la salinité et des flux de carbone permettra de mieux comprendre le rôle des monts sous-marins et de l'océan profond dans le changement climatique ainsi que l'impact des courants sur la concentration des sources nutritives sur ces monts. De leurs côtés, les caméras et les capteurs d'ADN environnemental développés par la JAMSTEC serviront à étudier conjointement la dynamique de la biodiversité.

Et demain ?

D'ici 2028, un profileur sera déployé sur un nouveau mouillage pour mesurer les mêmes paramètres à toutes les profondeurs dans la colonne d'eau. Parallèlement, une station de fond de mer autonome sera installée à son sommet. L'ensemble du dispositif sera ensuite positionné sur un second mont sous-marin pour mener des comparaisons. Cet observatoire mobile fournira ainsi des données précieuses pour étudier et protéger les monts sous-marins dans le parc naturel de la mer de Corail.

Innover pour mieux observer l'océan profond dans le Pacifique Sud

S'inscrivant dans le cadre du projet ScInObs (Science, Innovation et Observatoires sous-marins) de l'Ifremer, ce projet est une nouvelle illustration de la capacité de l'Institut à miser sur les innovations technologiques pour optimiser les capacités des observatoires sous-marins en milieu océanique profond. Avec ce genre de dispositif, l'Ifremer cherche à limiter l'impact écologique et économique des observatoires, via une sobriété énergétique et une autonomie accrue des instruments de mesure qui limite la fréquence des opérations de maintenance. Ces avancées devraient faciliter leur duplication dans d'autres États insulaires du Pacifique.

Responsables scientifiques de la campagne Kaseaope-1 : Karine Olu, Laboratoire Environnement Profond — Ifremer et Clément Vic, Laboratoire Océan Hauturier et Interactions d'échelles océaniques — Ifremer



Mise à l'eau, depuis l'*Antéa*, d'une ligne de mouillage expérimentale dotée de capteurs et d'échantillonneurs pour observer les écosystèmes encore méconnus et riches en biodiversité des monts sous-marins de la mer de Corail en Nouvelle-Calédonie.
© Julien Legrand — Ifremer

Projet MEDIATION: vers un océan numérique côtier

Romarc Verney, chercheur en dynamique hydrosédimentaire, œuvre au développement d'un modèle numérique interactif à haute résolution de l'océan côtier à l'horizon 2050.
CC-BY Stéphane Lesbats — Ifremer



Romarc Verney apporte sa contribution au projet MEDIATION, participant à la construction d'un jumeau numérique de l'océan côtier, depuis 2022. Le chercheur en dynamique hydrosédimentaire du département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes (ODE) évoque l'intérêt et les différentes étapes d'un projet résolument tourné vers les décennies à venir.

Votre champ de recherche concerne les mouvements sédimentaires générés par les marées, les tempêtes, ou encore les fleuves. Quelles sont leurs influences ?

En milieu côtier et estuarien, les vagues et courants interagissent avec les sédiments comme le sable et la vase. Ce que l'on souhaite savoir, c'est comment ces sédiments sont transportés au sein de ce système côtier. Où vont-ils ? Dans quel sens ? Est-ce qu'ils se déposent ou se diffusent à plus grande échelle en fonction des marées, des crues ou des tempêtes ? Voilà les questions que nous abordons. Au-delà de l'intérêt hydrosédimentaire, de telles études répondent à un besoin de compréhension et d'anticipation de l'évolution du système côtier et estuarien en lien avec des aménagements, comme par exemple ceux liés au trafic maritime, puisqu'on parle ici de secteurs navigables. La biodiversité est par ailleurs abondante sur les côtes, et il est important de comprendre comment les habitats sédimentaires évoluent pour mieux appréhender le fonctionnement et le devenir de cet écosystème.

S'intéresser à tous ces sujets nécessite-t-il une approche multiple ?

Tout à fait. Et elle se fait en trois temps avec, tout d'abord, de nombreuses mesures *in situ* puis, dans un second temps, des expérimentations en laboratoire afin d'observer et de comprendre les processus hydrosédimentaires. Il y a ensuite une étape de modélisation numérique. Cette troisième phase permet de reproduire la dynamique spatiale et temporelle d'un estuaire ou d'une mer côtière, et donc d'anticiper comment ces environnements peuvent évoluer dans le futur, avec tous les changements que nous connaissons, liés au climat ou encore aux activités humaines...

C'est là que MEDIATION a un rôle à jouer...

On vient de le voir, les environnements côtiers sont très dynamiques et, de l'eau aux sédiments en passant par les nutriments — dont des organismes comme le phytoplancton ont besoin pour se développer et ainsi contribuer à la chaîne alimentaire — c'est tout un écosystème qui est en mouvement constant. Avec MEDIATION, notre volonté est d'apporter une solution numérique pour décrire à quoi pourra ressembler l'océan côtier à l'horizon 2050. Cette connaissance pourrait ensuite être transférée aux acteurs — gestionnaires de l'environnement — pour apporter une aide à la décision, dans l'optique de prendre des mesures visant à mieux préserver le milieu marin.

En quoi MEDIATION amène-t-il une plus-value par rapport aux autres outils de modélisation jusqu'à présent utilisés ?

Ces modèles sont des représentations simplifiées de l'océan côtier, et amènent donc avec eux leur lot d'incertitudes dans les résultats de nos simulations. Cette approche, par exemple, a ses limites dans la représentation des interactions entre compartiments physiques et biologiques, qui reste parfois trop schématique. Notre intention, c'est de lever ces verrous pour apporter davantage de finesse et de robustesse dans nos simulations. On y travaille sur deux zones de démonstration, dans le golfe de Gascogne et au nord ouest de la Méditerranée.

Le projet est actuellement en cours. Au-delà de devenir un outil sur lequel les décideurs pourraient s'appuyer, que peut-on en attendre une fois qu'il atteindra sa maturité ?

Un écosystème, c'est un enchaînement d'interactions et de processus... De façon très schématique, les poissons se nourrissent de plancton qui a besoin de lumière, qui elle-même dépend de la transparence de l'eau et des sédiments et de la présence ou non de sédiments en suspension. En fin de projet, MEDIATION permettra de dessiner les trajectoires futures de l'environnement côtier sous toutes ses composantes. Concrètement, on pourrait être en capacité d'anticiper qu'en fonction du scénario sociétal X choisi, un écosystème évoluera de Y façons. Et c'est donc pour cela qu'il nous faut parvenir à faire dialoguer tout un ensemble de processus.

Selon vous, quelle est la clé qui permettra à MEDIATION d'aboutir ?

On parle là d'un projet qui — et c'est une des raisons qui le rend particulièrement enthousiasmant — rassemble une large communauté de scientifiques aux profils hyper complémentaires à l'échelle nationale. Tous les ingrédients sont réunis pour que, demain, une anticipation de l'avenir de l'océan côtier par modélisation soit possible.

Les prochaines étapes du projet

- 2025 :** disposer d'une chaîne de modélisation couplée prête à fonctionner
- 2026 :** simuler les premiers scénarios sur l'avenir de l'environnement côtier
- 2027 :** extraire les informations utiles des scénarios envisagés afin d'accompagner l'aide à la décision



MEDIATION est financé dans le cadre du programme prioritaire de recherche « Océan et Climat » piloté par l'Ifremer et le CNRS au profit de toute la communauté scientifique française. Lancé en 2021 pour une durée de six ans, ce programme, labellisé par la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable et intégré au programme de financement de France 2030, est doté d'un budget de 40 millions d'euros. Son ambition : structurer les forces de la recherche française autour de 7 grands défis scientifiques pour mieux connaître et protéger l'Océan. Pour en savoir plus : <https://www.ocean-climat.fr/Les-actions-et-projets/Les-projets-de-recherche/MEDIATION>

Le Shom et l'Ifremer sous les traces du satellite SWOT

Deux équipes du Shom et de l'Ifremer ont exploré la Méditerranée pour vérifier la précision des observations effectuées par le satellite SWOT, alors en phase de validation avant son basculement en mode opérationnel à l'été 2023. Très prometteurs, les résultats révèlent, avec une précision inégalée, des structures océaniques jusqu'ici non détectées par les satellites altimétriques ordinaires. Une avancée majeure pour mieux comprendre les océans et les évolutions climatiques.

Pendant un mois, des scientifiques du Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom) et de l'Ifremer ont embarqué à bord de deux navires de la Flotte océanographique française, *L'Atalante* et *Téthys II*, pour étudier des structures océaniques de taille moyenne entre Toulon et Minorque. Ces structures sont des tourbillons, filaments et fronts de courants qui se manifestent à la surface de l'océan par des « creux » et des « bosses » pouvant faire varier le niveau de la mer de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. Elles jouent un rôle clé dans la machine climatique, car elles contrôlent une partie importante des échanges d'eaux entre la surface et l'océan profond et donc des transferts de chaleur, de carbone, de nutriments.

Le satellite SWOT est développé conjointement par le Centre national d'études spatiales (Cnes) et la National Aeronautics and Space Administration (NASA) pour fournir à la communauté scientifique internationale une myriade de nouvelles données avec une résolution inégalée. Grâce à la conception d'un nouveau radar, baptisé KaRIn, à laquelle les équipes de l'Ifremer ont contribué, SWOT est capable de détecter des structures océaniques 5 à 7 fois plus petites qu'avec les instruments actuels d'observation spatiale.

Des images spatiales d'une grande précision

Lors de ces missions jumelles, les scientifiques ont traqué et caractérisé le plus finement possible des structures océaniques situées dans les deux bandes de 50 km de large survolées quotidiennement par le satellite SWOT entre les Baléares et les côtes françaises des Bouches-du-Rhône et du Var. Ils se sont appuyés sur le déploiement de nombreux équipements (bathysondes, bouées dérivantes, sondeurs acoustiques, etc.) pour détecter des phénomènes évoluant rapidement et parfois éphémères, grâce à une navigation conjointe des deux navires. Les 35 bouées dérivantes déployées ont permis de suivre l'évolution des courants sous les traces du satellite SWOT.

Les scientifiques ont ensuite comparé ces données collectées en mer aux premières données spatiales à haute résolution fournies par le satellite SWOT. Les scientifiques ont été impressionnés par la précision des premières images

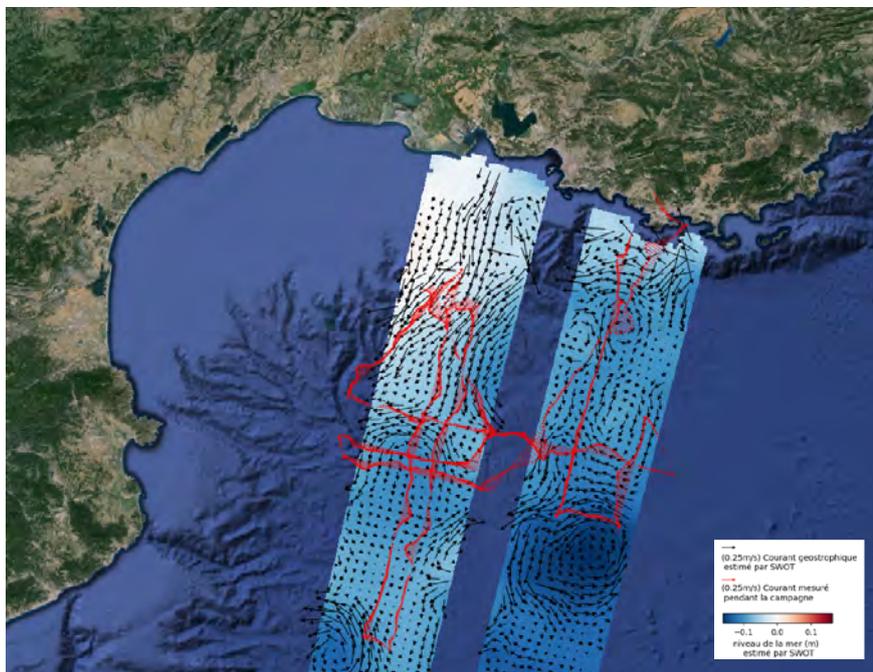
prises par SWOT sur la zone scrutée par l'Ifremer et le Shom. Elles permettent de distinguer très nettement des structures d'une dizaine de kilomètres de large déjà observées en mer et jusqu'ici invisibles sur les images prises par les satellites altimétriques équipés de radars classiques.

D'autres missions similaires ont été lancées dans d'autres régions du monde. Si le succès se confirme dans ces zones, SWOT ouvrira la voie à une nouvelle dimension de l'océanographie spatiale, en facilitant la compréhension du rôle des structures océaniques moyennes dans la machine climatique.

Responsable scientifique de la campagne C-SWOT sur le *Téthys II*: Pierre Garreau, Laboratoire Océan Côtier – Ifremer

Responsable scientifique de la campagne WEMSWOT sur *L'Atalante*: Franck Dumas – Shom

Comparaison entre la mesure *in situ* de la campagne océanographique CSWOT et la mesure satellitaire. (Fond de carte Google Map)



RETROSCOPE: 50 ans d'histoire ostréicole à la loupe et regards sur l'avenir

La filière ostréicole a toujours su rebondir face aux crises environnementales ou économiques comme le montre une étude rétrospective de 1970 à nos jours sur trois bassins ostréicoles. Constat prometteur pour relever le nouveau défi des effets du changement climatique.
CC-BY Olivier Dugornay - Ifremer

Une quarantaine de partenaires scientifiques, dont l'Ifremer, ont analysé avec des professionnels de la conchyliculture et des organismes de gestion locaux près de 50 ans d'histoire (1970 à 2018) de trois bassins ostréicoles: la lagune de Thau en Méditerranée, le bassin de Marennes-Oléron en Charente-Maritime, et la baie des Veys en Normandie. Croisant expertise scientifique et sciences sociales, ce projet baptisé RETROSCOPE (2020-2023) offre un nouvel éclairage sur ces socio-écosystèmes pour aider les acteurs à mieux préparer l'avenir.

L'analyse du passé de ces trois sites ostréicoles a mis en lumière des bouleversements écologiques et sociaux. Ces écosystèmes ont énormément évolué depuis le début des réseaux de surveillance et d'observation opérés par l'Ifremer dès 1979 : diminution des teneurs en nutriments, changements importants des communautés phytoplanctoniques, hausse des mortalités de naissains et juvéniles d'huîtres creuses et diminution des teneurs en contaminants chimiques et de façon moins marquée, pour les contaminants microbiologiques dans les huîtres d'élevage. Côté sciences sociales, les changements sont tout aussi profonds, avec des territoires côtiers qui ont dû, en plus de la production ostréicole, répondre à d'autres demandes de services écosystémiques, comme la conservation de la biodiversité, la qualité de l'eau ou les services de culture et de loisirs.



Un secteur résilient face aux crises environnementales et économiques

Sécheresse, pressions anthropiques, crises sanitaires, changement des réglementations de protection environnementale, pratiques commerciales... Les ostréiculteurs ont toujours su rebondir face aux crises. Affectée par la surexploitation et des maladies, l'huître plate, qui était au cœur de la production française, a été remplacée dans les années 1920 par l'huître portugaise, qui, également touchée par de fortes maladies, a été à son tour remplacée par l'huître japonaise au début des années 1970. Et depuis 2008, les ostréiculteurs ont réussi à s'adapter aux épisodes de mortalité massive des huîtres creuses japonaises. Comment ? Ils ont déployé de nouvelles méthodes pour sécuriser leur production, en jouant sur l'utilisation des huîtres de captage naturel, de naissains d'écloserie et de l'huître tripléide. Ils ont aussi modifié leur stratégie économique : ils ont eu recours à la mécanisation et se sont tournés vers l'expédition et la vente directe.

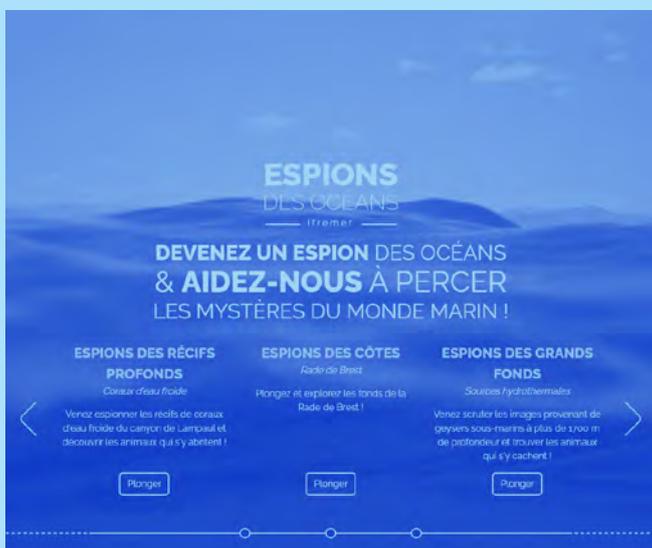
Quel avenir pour l'ostréiculture ?

En plus du changement climatique, dont les effets sont déjà perceptibles sur les écosystèmes les plus méridionaux, le secteur de l'ostréiculture doit désormais faire face à une redéfinition de son identité. Oscillant entre une activité traditionnelle de « paysan de la mer » ancrée dans le milieu naturel, et une activité industrielle à l'image de l'agriculture moderne, les ostréiculteurs s'interrogent sur leur identité et sur le rôle social de leur profession. Globalement optimistes pour l'avenir, ils sont conscients que c'est par la diversité de leurs pratiques et des représentations de leur métier qu'ils arrivent à s'adapter à des environnements écologiques et économiques versatiles.

Porteurs du projet RETROSCOPE :
Valérie Dérolez, Laboratoire Environnement
Ressources Languedoc Roussillon — UMR
MARBEC — Ifremer
Audrey Bruneau, Laboratoire Environnement
Ressources des Pertuis Charentais — Ifremer
Aline Gangnery, Laboratoire d'Ecologie
Benthique Côtière — Ifremer
Rémi Mongruel, Unité d'Economie Maritime —
UMR AMURE — Ifremer

Pour en savoir plus : site du projet RETROSCOPE :
<https://retroscope.ifremer.fr/index.html>

Les citoyens acteurs de la recherche



Espions des océans : quand les citoyens aident les chercheurs...

Avec son application *Espions des océans*, l'Ifremer invite petits et grands à contribuer à ses recherches sur les écosystèmes marins. Comment ? En analysant des photographies des fonds marins répertoriées sur une plateforme de sciences participatives pour épauler les scientifiques dans leur minutieux travail d'identification de la biodiversité marine. Ses images commentées sont utilisées pour entraîner des algorithmes d'intelligence artificielle afin d'automatiser la reconnaissance des espèces. En plus de faire avancer la recherche, ce projet a une autre vertu : sensibiliser le public à des écosystèmes peu connus comme ceux des canyons sous-marins et des plaines abyssales. Il vient compléter une première application *Espions des grands fonds* sur les sources hydrothermales des grands fonds marins.

Pour en savoir plus : Plateforme Espions des océans,
<https://ocean-spy.ifremer.fr>

Fish & Click : lutter contre la pollution générée par les engins de pêche

Depuis trois ans, l'Ifremer invite le grand public à signaler sur le site ou l'application *Fish & Click* tout engin ou partie d'engin de pêche retrouvé en mer ou échoué sur le littoral. Cordages, lignes, filets... 27 000 déchets ont déjà été recensés en mer et sur les littoraux bretons, normands et des Hauts-de-France depuis le lancement de ce projet de sciences participatives. Des informations précieuses qui permettent à l'Ifremer de dresser une première cartographie de cette pollution, en vue d'une meilleure gestion. L'enjeu est majeur car ces engins de pêche peuvent abîmer les fonds, piéger des animaux marins voire se dégrader en microplastiques sous l'effet des vagues et des UV. L'Ifremer a exposé une sélection de clichés illustrant la diversité des engins observés au Marinarium de Concarneau.

Pour en savoir plus : Plateforme Fish & Click,
<https://fishandclick.ifremer.fr>

La plateforme de sciences participatives « Espions des océans » explique au grand public comment identifier les espèces qui peuplent divers écosystèmes, dans l'Atlantique et le Pacifique, pour aider les scientifiques à dresser l'inventaire de la biodiversité marine.

En trois ans, les pêcheurs, promeneurs et autres plaisanciers ont signalé 27 000 déchets d'engins de pêche en mer et sur les littoraux bretons, normands et des Hauts-de-France.
CC-BY Emina Mamaca - Ifremer



Un kit éducatif « art et science » pour plonger dans les paysages sous-marins

Après deux années de test, le kit pédagogique *Initium Maris-Civis* est mis à disposition des établissements scolaires pour sensibiliser les élèves du CM1 à la 6^e à la diversité et l'importance des écosystèmes marins. Son originalité est de mêler activités artistiques et investigations scientifiques afin d'explorer ces paysages invisibles en surface sous un double angle scientifique et esthétique. Ce projet se compose d'un parcours pédagogique en huit séances (25 heures). Il a été conçu par l'Ifremer et le photographe Nicolas Floc'h qui a capturé les paysages sous-marins du littoral breton à bord de son voilier et lors de la campagne océanographique de l'Ifremer, ChEReef. Le kit a été développé en partenariat avec artconnexion, Passerelle Centre d'art contemporain et Cap vers la nature.

Pour en savoir plus : <https://www.ifremer.fr/fr/la-mediation-scientifique-l-ifremer/nos-offres-pedagogiques/initiummariscivis>

Ce projet a bénéficié du soutien du Fonds européen de développement régional (Feder), de la Région Bretagne et du ministère de la Culture-Drac Bretagne.

Des élèves présentent des photographies de paysages sous marins de Nicolas Floc'h, tirées du kit éducatif « art et science » *Initium Maris Civis*. © Aurélien Mole



Immersion virtuelle au cœur des coraux d'eau froide

Avec un nouveau film en 360°, l'Ifremer propose une expérience immersive inédite : découvrir les trésors cachés d'un canyon sous-marin situé entre 200 et 600 mètres de profondeur ! Munis de casques de réalité virtuelle, les spectateurs sont invités à plonger dans les eaux de la Méditerranée et à naviguer au milieu d'une « forêt » de coraux d'eau froide avec en point d'orgue une visite intérieure de ces fascinants animaux grâce à l'utilisation de la technique de micro-tomographie RX 3D. Les séquences de ce film ont été capturées dans le canyon de Lacaze-Duthiers lors de la campagne CALADU 2019. L'occasion pour l'Ifremer de recueillir des données bathymétriques, des images et des échantillons de coraux pour mieux comprendre leur habitat, la morphologie de leur squelette et la répartition de leurs colonies.

Pour en savoir plus : <https://www.youtube.com/watch?v=59O0IVDI28A>

Image extraite du film 360° « Plongée sur les coraux d'eaux froides de Méditerranée ». CC-BY Ifremer - Campagne Caladu

Accom- pagnement et soutien

Responsabilité sociale et sociétale de l'Ifremer : des avancées significatives pour répondre à la transition

Initiée par la direction générale et formalisée dans le Contrat d'objectifs et de performance de l'Institut (COP 2019-2023), la démarche RSE de l'Ifremer a permis l'aboutissement de nombreux projets impliquant différentes parties prenantes (Conseil d'administration, CSE-C, collectifs des Labos 1.5). Reposant sur seize enjeux répartis en cinq grands objectifs, la feuille de route RSE de l'Ifremer deviendra le prochain Schéma Directeur Développement Durable et Responsabilité Sociétale (SD-DDRS) de l'Ifremer qui sera adressé au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche dans le cadre d'une déclinaison du plan Climat-Biodiversité pour les Organismes Nationaux de Recherche (ONR).

En 2023, de nombreux projets ont été menés en collaboration avec les différentes directions de l'Institut pour répondre aux demandes sociales et sociétales internes et externes. Les

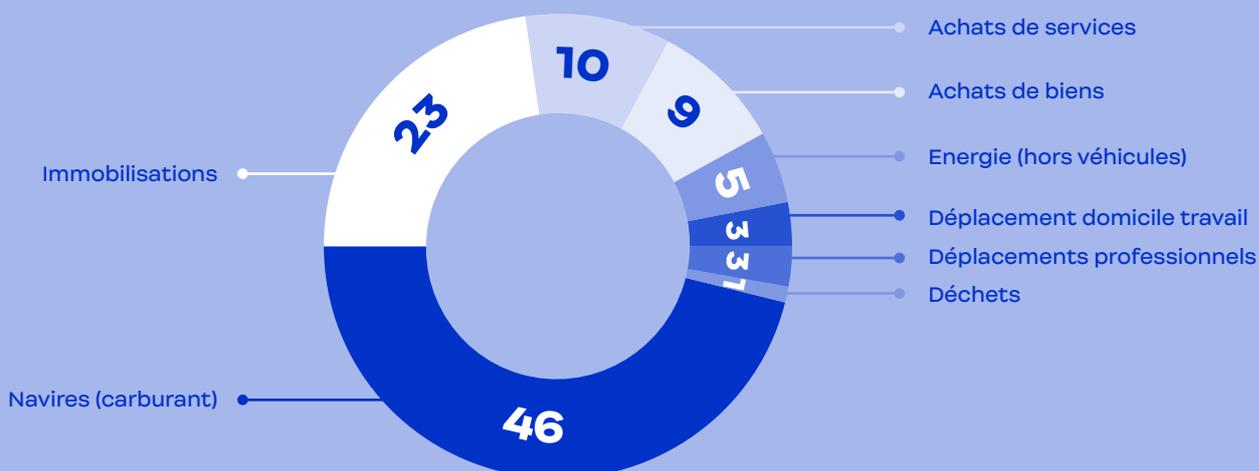
champs thématiques, larges (décarbonation, sobriété, mobilités, économie circulaire, numérique responsable, services publics écoresponsables...), démontrent l'engagement de l'Institut à être au rendez-vous de l'agenda 2030 de développement durable fixé par l'ONU.

- Premier fait marquant et majeur : **l'établissement d'un Bilan Carbone** (Beges, bilan des émissions de gaz à effet de serre) exhaustif et sourcé a permis d'identifier l'empreinte respective des différentes activités de l'Institut. Un travail spécifique a été mené autour de l'infrastructure Flotte océanographique française dans le cadre du travail de prospective « Imaginons la Flotte océanographique française à l'horizon 2035 ».
- **Mise en place d'un Forfait Mobilités Durables** suite à la signature d'un accord national. Il témoigne de la

volonté de la direction générale de soutenir et accompagner les salariés dans leur pratique de mobilité douce, notamment pour l'usage du vélo et du co-voiturage pour les trajets domicile-travail.

- **Déploiement du plan de sobriété énergétique** gouvernemental mobilisant l'ensemble des salariés de l'Institut. Ce plan de sobriété a été soutenu par une campagne de communication interne ciblée sur cinq thèmes prioritaires (énergie, mobilité, numérique, eau, économie circulaire). Les premiers résultats démontrent un alignement à l'objectif d'atteindre 10 % d'économie d'énergie. Dans le même élan, l'Institut a lancé en fin d'année **un appel à initiatives internes** grâce auquel chaque salarié a pu soumettre des idées novatrices de sobriété énergétique (immobilier, process scientifique...).

Bilan carbone 2022 de l'Ifremer : 59 200 tonnes d'équivalent CO₂



Contribution par activité (en %)

- En lien avec l'élaboration du Contrat d'objectifs, de moyens et de performance 2024-2028, réalisation d'une **enquête nationale RSE auprès des salariés** pour appréhender leurs attentes et besoins. L'enquête a révélé l'envie d'agir des salariés et leurs attentes : communication, décarbonation des activités de la Flotte océanographique, action pour des mobilités douces...
- Mise en place d'un **parcours de formation** pour une meilleure appropriation par les salariés des enjeux de pratiques numériques plus responsables dans leurs activités scientifiques.
- Déploiement d'une **offre de service favorisant les cessions de matériels scientifiques et techniques au sein de l'Institut**, ce qui permet à chaque salarié de céder tout équipement non utilisé pour un second usage dans une autre structure de l'établissement.

Les cinq objectifs RSE de l'Ifremer :

1. Renforcer l'engagement citoyen pour et par l'océan
2. Soutenir les transitions de l'écosystème maritime par l'innovation verte
3. Ecoconcevoir l'observation océanographique
4. Réduire l'empreinte environnementale de l'Ifremer
5. Être un employeur responsable



Ifremer

Eau

Chaque geste compte!

Faisons le meilleur usage possible de l'eau en réduisant notre consommation et en maîtrisant notre impact sur le milieu marin

Pour réduire l'empreinte environnementale de l'Ifremer, transformons ensemble nos pratiques

Chaque geste compte
ÉCONOMISONS L'ÉNERGIE



Ifremer

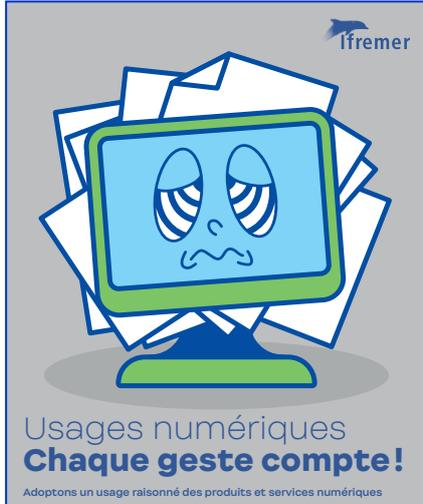
Énergie

Chaque geste compte!

Au bureau et au labo, éteignons les appareils et les lumières non utilisés et limitons le chauffage à 19 degrés

Pour réduire l'empreinte environnementale de l'Ifremer, transformons ensemble nos pratiques

Chaque geste compte
ÉCONOMISONS L'ÉNERGIE



Ifremer

Usages numériques

Chaque geste compte!

Adoptons un usage raisonné des produits et services numériques

Pour réduire l'empreinte environnementale de l'Ifremer, transformons ensemble nos pratiques

Chaque geste compte
ÉCONOMISONS L'ÉNERGIE

Les affiches de la campagne interne de sensibilisations aux éco-gestes, en appui au Plan de sobriété énergétique et en écho à la campagne nationale de l'État « Chaque geste compte »

Management de la qualité : un dispositif d'amélioration continue au service de la confiance

Le nouveau système de gestion des informations de laboratoire permet l'inventaire des équipements et des échantillons à l'échelle de l'Institut.
CC BY Stéphane Lesbats — Ifremer

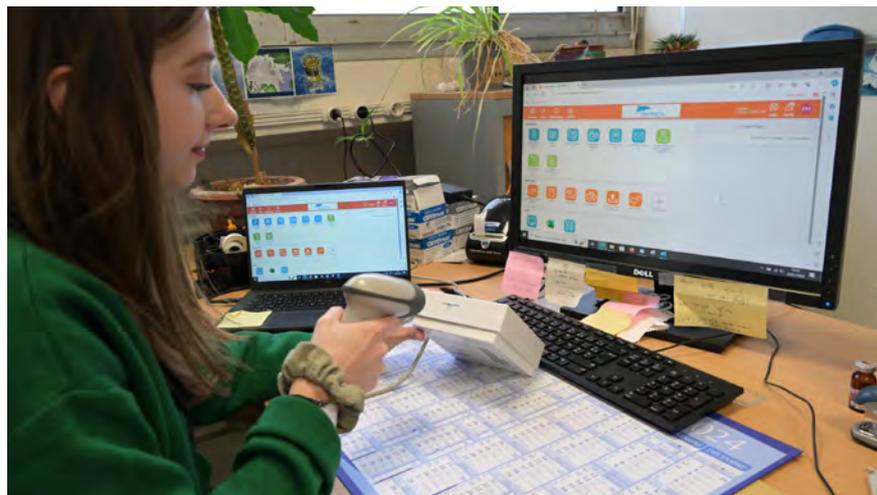
La confiance de nos parties intéressées, que celles-ci soient externes ou internes à l'Institut, dépend avant tout de notre capacité à comprendre leurs besoins et à y répondre. Cela passe tout d'abord par une démarche d'écoute puis, par notre aptitude à nous adapter dès que cela est nécessaire. C'est tout l'enjeu de notre système de management de la qualité qui, par son approche structurée et transversale, impulse et soutient notre dynamique d'amélioration continue.

SISMER, l'un des cinq centres de données français labellisés CoreTrustSeal

En 2023, le centre de données marines Ifremer-SISMER a renouvelé sa certification CoreTrustSeal. Cette reconnaissance par une autorité internationale indépendante, garantit aux chercheurs déposants que leurs données seront protégées et gérées de manière optimale afin de préserver l'investissement que constitue leur acquisition ou production. Elle donne également confiance aux bailleurs des projets scientifiques sur le caractère accessible des données produites par les projets qu'ils financent. Dans le contexte « open sciences » et « open data » porté à l'échelon international par la Research Data Alliance, et relayé en France par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, le centre de données marines Ifremer-SISMER fait partie des cinq centres de données scientifiques français ayant obtenu ce niveau de certification.

Une gestion optimisée de nos équipements de laboratoire

L'Ifremer a achevé en 2023 le déploiement de son projet de gestion informatisée du parc instrumental de ses laboratoires de recherche. À l'issue



d'une mobilisation remarquable à la fois des équipes scientifiques utilisatrices, du Service Ingénierie des Systèmes d'Information et de l'Unité Recherches et Développement Technologiques dans le cadre du processus qualité en charge de la maîtrise des moyens expérimentaux et des appareils de mesure, ce nouveau Système de Gestion des Informations de Laboratoire recense aujourd'hui plus de 11 000 instruments. Cet outil permet de faciliter la gestion des maintenances et des contrôles de nos équipements et constitue une base partagée permettant à nos équipes de connaître à tout moment les équipements d'ores et déjà disponibles à l'échelle de l'Institut. Ce projet illustre parfaitement la démarche d'amélioration interne engagée, au service du plus grand nombre.

Certification ISO 9001: renouvelée pour six sites audités

En 2023, l'audit de suivi de la certification ISO 9001 de l'Ifremer a mobilisé pendant plus de quatre jours les équipes de six sites de l'Ifremer: Dinard, La Martinique, La Tremblade, Nantes, Lorient et Plouzané. À l'issue de cette forte mobilisation, les auditeurs ont à nouveau renouvelé leur confiance dans le système de management de la qualité de l'Institut en mettant notamment en avant des « partenariats robustes » et la « diversité d'expertises et de compétences reconnues et sollicitées à l'échelle nationale et internationale ».

Au-delà de ces points forts, des pistes de progrès ont également été relevées et feront l'objet d'une attention particulière. Aucun point sensible ni aucune non-conformité n'ont été identifiés. Les conclusions de l'audit confirment la contribution du management de la qualité au pilotage de l'Ifremer.

Accréditations Cofrac maintenues et étendues

L'année 2023 a vu le maintien de nos accréditations ISO 17025 et ISO 17043. Une extension du périmètre d'accréditation est à noter pour l'unité Adaptation et Santé des Invertébrés Marins (ASIM) de La Tremblade avec la détection du génome d'agents pathogènes réglementés endémiques (*Bonamia ostreae*, *B. exitiosa* et *Marteilia refringens*) par méthode PCR temps réel.

Liste des laboratoires accrédités (portées disponibles sur www.cofrac.fr)

- Laboratoire Environnement Ressources Normandie: accréditation essais n°1-2048
- Laboratoire Détection Capteurs et Mesures: accréditations étalonnage n°2-1192 et n°2-1212
- Laboratoire Santé Environnement et Microbiologie: accréditation essais n°1-5451
- Laboratoire Environnement Ressources Morbihan-Pays de la Loire: accréditation essais n°1-2349
- Adaptation et Santé des Invertébrés Marins: accréditations essais n°1-2160 et comparaisons interlaboratoires n°1-6907
- Laboratoire Environnement Ressources Arcachon: accréditation essais n°1-2062
- Laboratoire Environnement Ressources Languedoc Roussillon: accréditation essais n°1-1655

Ressources humaines et dialogue social

Bienvenue à bord : 60 nouveaux embauchés réunis à Brest en octobre pour un séminaire d'intégration
CC-BY Léa Lemée — Ifremer

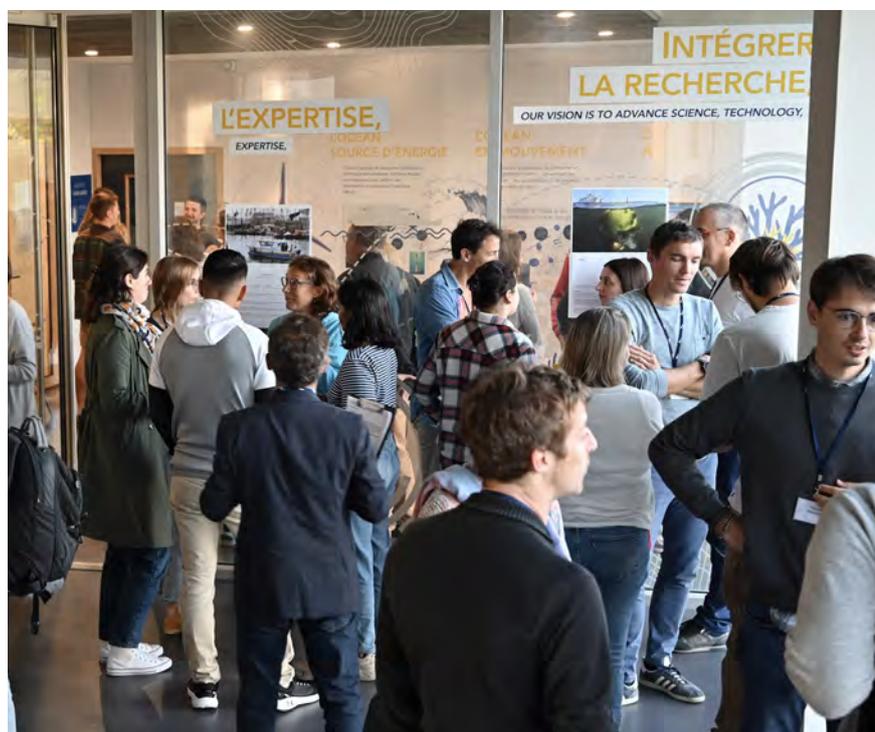
En 2023, l'Ifremer a intégré 56 nouveaux collaborateurs en CDI portant l'effectif à 1572 salariés au 31 décembre 2023.

Cette même année, le développement des compétences est resté un axe fort en matière RH et pour l'Institut. L'Ifremer a en effet consacré 3,21 % de sa masse salariale à la formation soit un budget de 2 194 953 d'euros. Ainsi, 887 salariés ont suivi au minimum une action de formation dans le cadre du Plan de Développement des Compétences 2023 (1510 départs en formation).

Par ailleurs, le renforcement des formations à destination des managers a permis le déploiement d'un module sur le « management hybride » (télé-travail/management à distance) avec 70 managers formés en 9 sessions. Ces actions de formation se poursuivront au cours de l'année 2024.

De plus, afin d'accompagner les managers dans leurs missions, la direction des ressources humaines (DRH) a piloté la réalisation d'un document « Le guide pratique RH du/de la manager » destiné à l'ensemble des responsables hiérarchiques et mis à disposition sur le site intranet de l'Institut depuis septembre 2023.

Toujours dans le cadre des orientations en matière de développement RH, deux ans après la première édition et fort du retour très positif des participants, l'Ifremer a renouvelé l'organisation du séminaire « Une thèse, et après ?! » pour les doctorants Ifremer. Organisés de façon conjointe par la



Direction scientifique, la Direction de l'innovation et la DRH, ces deux jours d'ateliers, d'échanges et de rencontres ont pour objectif d'accompagner les doctorants de l'Institut dans la construction de leur projet professionnel, de les outiller pour les années à venir et de les éclairer sur les perspectives professionnelles hors recherche académique. Pour 2023, le taux de satisfaction des participants est de 4,75/5.

Cette année encore, une action a été lancée en vue de faire évoluer le support des entretiens annuels. Pour cela, un travail collaboratif a été mené entre des membres des RH, des managers et des collaborateurs de différents services et unités. En mars, le nouveau modèle des entretiens annuels et ses évolutions, tant sur le fond que sur la forme, a été présenté lors de deux visioconférences rassemblant près de 580 salariés de l'Institut.

Dans le cadre de notre démarche Responsabilité Sociétale des Entreprises, un accord relatif à la mise en place d'un Forfait Mobilité Durable (FMD) a été conclu, pour une durée de trois années. L'ensemble des salariés en CDD et en CDI ainsi que les intérimaires peuvent en bénéficier. Ainsi, au titre de l'année 2023, 30 % de l'effectif de l'Ifremer a pu bénéficier du FMD.

Toujours au titre de notre Responsabilité Sociétale, et afin d'œuvrer pour la place des femmes dans la recherche et l'innovation, l'Ifremer a adhéré en 2023 à l'AFDESRI (Association pour les Femmes Dirigeantes de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et de l'Innovation). Il s'agit d'un réseau proposant des séminaires, des conférences, des formations et du mentorat (leadership, briser le plafond de verre...). Ce dernier agit avec d'autres associations de femmes du domaine de l'ESRI ou des autres ministères de la fonction publique.

De plus, pour la « Journée internationale des droits des femmes » et sur toute la semaine du 8 mars 2023, un quizz de sensibilisation a été diffusé à l'ensemble des salariés de l'Institut mettant en avant la lutte pour les droits des femmes et notamment les inégalités hommes/femmes. Cette action a mobilisé 474 personnes.

Dans la continuité des sensibilisations au handicap menées ces dernières années, l'Institut a poursuivi ses actions en participant au DuoDay 2023. Le principe est d'accueillir, à l'occasion de la journée nationale du 23 novembre, une personne en situation de handicap, en duo avec un professionnel volontaire de l'Ifremer. Il s'agit d'une opportunité de rencontre pour changer de regard et, ensemble, dépasser nos préjugés.

Le DuoDay a ainsi offert à 13 personnes en situation de handicap l'opportunité de découvrir notre environnement de travail, de préciser un projet professionnel, d'amorcer un parcours d'insertion, ou même d'affiner son orientation scolaire. Les retours des participants et des équipes accueillant les personnes en situation de handicap ont été très positifs.

Au cours du premier semestre 2023, la Direction et les organisations syndicales se sont rencontrées à intervalles réguliers afin de poursuivre l'actualisation de la convention d'entreprise, portant à 7 le nombre de thèmes négociés sur un total de 11 définis dans l'accord de méthode.

Par ailleurs, les mandats des représentants du personnel arrivant à échéance, des élections pour les comités sociaux et économiques (CSE) ont été organisées au sein de l'UES Ifremer-Genavir au printemps 2023. Ainsi, cinq comités sociaux et économiques d'établissement (CSE-E) sont constitués au sein de l'UES (Unité Economique et Sociale).

Enfin et depuis plusieurs années, l'Ifremer est engagé pour la préservation de la Santé et Qualité de vie

et Conditions de Travail (QVCT) pour l'ensemble de son personnel. Dans ce contexte, pour la deuxième année consécutive, la DRH et les membres de l'Observatoire QVCT ont mis en place un baromètre. Cette enquête périodique vise à mesurer l'évolution de la satisfaction au travail du personnel de l'Institut. Elle permet de disposer d'un état des lieux annuel afin le cas échéant, d'identifier des actions de prévention transverses et/ou locales à mettre en œuvre pour améliorer le bien-être au travail.

L'enquête 2023 a permis de déterminer un plan d'actions dont voici quelques exemples :

- Poursuivre les rendez-vous d'informations et d'échanges proposés par la direction générale
- Développer des actions favorisant une meilleure connaissance des métiers de l'Institut
- Mettre en place d'une action de formation obligatoire pour les managers sur la prévention sur des Risques Psychosociaux
- Poursuivre notre communication régulière sur l'existence des dispositifs en place favorisant le bien-être au travail.

Données budgétaires et financières

BILAN ACTIF	2023 Brut	Amortissements et dépréciations	2023 Net	2022 Net
ACTIF IMMOBILISÉ				
Immobilisation incorporelles	59 945 583,66	45 573 030,39	14 372 553,27	15 173 162,65
Immobilisations corporelles	669 005 734,61	465 852 689,23	203 153 045,38	198 064 475,03
Terrains	6 916 387,90	2 190 920,84	4 725 467,06	4 703 432,06
Constructions	123 093 381,26	80 667 124,26	42 426 257,00	40 298 189,00
Installations techniques, matériels, et outillage	434 938 387,47	345 845 021,66	89 093 365,81	87 680 323,00
Collections	861 392,32	0,00	861 392,32	861 392,32
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00
Autres immobilisations corporelles	45 426 503,15	37 149 622,47	8 276 880,68	9 198 450,00
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00
Immobilisations corporelles en cours	630 805,68	0,00	630 805,68	630 956,92
Avances et acomptes sur commandes	57 138 876,83	0,00	57 138 876,83	54 691 731,73
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	20 134 958,61	1 408 325,93	18 726 632,68	20 393 668,43
TOTAL ACTIF IMMOBILISÉ	749 086 276,88	512 834 045,55	236 252 231,33	233 631 306,11
ACTIF CIRCULANT				
Stocks	0,00	0,00	0,00	0,00
Créances	74 696 597,45	5 974 683,60	68 721 913,85	72 013 603,15
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques) des organismes internationaux et la Commission européenne	52 072 471,59	0,00	52 072 471,59	51 088 508,65
Créances clients et comptes rattachés	7 415 732,47	5 974 683,60	1 441 048,87	6 753 562,24
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00	0,00	0,00	0,00
Avances et acomptes versés sur commandes	12 880 589,79	0,00	12 880 589,79	2 085 519,70
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	2 327 803,60	0,00	2 327 803,60	12 086 012,56
Charges constatées d'avance	117 000,00	0,00	117 000,00	0,00
TOTAL ACTIF CIRCULANT	74 813 597,45	5 974 683,60	68 838 913,85	72 013 603,15
TRÉSORERIE				
Valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	0,00	0,00
Disponibilités	159 769 593,18	0,00	159 769 593,18	153 915 058,91
Autres	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL TRÉSORERIE	159 769 593,18	0,00	159 769 593,18	153 915 058,91
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	983 669 467,51	518 808 729,15	464 860 738,36	459 559 968,17

BILAN PASSIF	2023	2022
FONDS PROPRES		
Financements reçus	144 932 116,89	142 344 675,51
Financement de l'actif par l'État	102 169 851,81	97 358 065,30
Financement de l'actif par des tiers	35 319 669,08	37 141 736,21
Fonds propres des fondations	0,00	0,00
Écarts de réévaluation	7 442 596,00	7 844 874,00
Réserves	131 989 658,57	131 587 380,57
Report à nouveau	27 829 516,07	14 602 098,69
Résultat de l'exercice	-3 668 656,02	14 819 017,81
Provisions réglementées	0,00	0,00
TOTAL FONDS PROPRES	301 082 635,51	303 353 172,58
PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES		
Provisions pour risques	333 363,12	2 635 902,03
Provisions pour charges	35 533 101,00	37 683 384,00
TOTAL PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES	35 866 464,12	40 319 286,03
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	0,00
TOTAL DETTES FINANCIÈRES	0,00	0,00
DETTES NON FINANCIÈRES		
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	17 396 715,25	18 405 761,55
Dettes fiscales et sociales	35 508 195,01	36 751 314,51
Avances et acomptes reçus	71 918 696,24	56 189 353,60
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	0,00
Autres dettes non financières	1 718 058,17	3 468 006,61
Produits constatés d'avance	1 369 826,00	992 094,16
TOTAL DETTES NON FINANCIÈRES	127 911 490,67	115 806 530,43
TRÉSORERIE		
Autres éléments de trésorerie passive	148,06	80 979,13
TOTAL TRÉSORERIE	148,06	80 979,13
Comptes de régularisation	0,00	0,00
Écarts de conversion Passif	0,00	0,00
TOTAL GÉNÉRAL	464 860 738,36	459 559 968,17

Compte de résultat

CHARGES	2023	2022
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	111 387 147,53	112 042 385,99
Charges de personnel	105 484 963,38	102 317 923,17
Salaires, traitements et rémunérations diverses	73 051 371,09	69 985 802,91
Charges sociales	26 874 819,06	26 686 071,47
Intéressement et participation	0,00	0,00
Autres charges de personnel	5 558 773,23	5 646 048,79
Autres charges de fonctionnement	12 903 076,30	12 945 038,37
Dotation aux amortissements, dépréciations, provisions et valeurs nettes comptables des actifs cédés	32 610 201,60	33 198 715,50
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT	262 385 388,81	260 504 063,03
CHARGES D'INTERVENTION		
Dispositif d'intervention pour compte propre	8 481,57	38 036,43
Transferts aux ménages	0,00	0,00
Transferts aux entreprises	0,00	0,00
Transferts aux collectivités territoriales	0,00	0,00
Transferts aux autres entités	8 481,57	38 036,43
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	8 481,57	38 036,43
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION	262 393 870,38	260 542 099,46
CHARGES FINANCIÈRES		
Charges d'intérêt	0,00	0,00
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00
Pertes de change	13 404,76	11 271,11
Autres charges financières	0,00	0,00
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	1 189 781,88	2 422,00
TOTAL CHARGES FINANCIÈRES	1 203 186,64	13 693,11
Impôt sur les sociétés	-36 926,00	626 200,00
RESULTAT DE L'ACTIVITÉ (BÉNÉFICE)	0,00	14 819 017,81
TOTAL CHARGES	263 560 131,02	276 001 010,38

PRODUITS	2022	2021
PRODUITS DE FONCTIONNEMENT		
Produits sans contrepartie directe (ou subventions et produits assimilés)	223 717 107,57	221 264 699,39
Subventions pour charges de service public	186 324 000,00	181 040 100,00
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	37 393 107,57	40 224 599,39
Subventions spécifiquement affectées au financement de certaines charges d'intervention en provenance de l'État et des autres entités publiques	0,00	0,00
Dons et legs	0,00	0,00
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00
Produits avec contrepartie directe (ou produits directs d'activité)	16 063 006,28	37 391 328,17
Ventes de biens ou prestations de services	14 982 400,92	14 547 484,68
Produits de cessions d'éléments d'actif	66 848,33	21 586 452,59
Autres produits de gestion	1 013 757,03	12 573 90,90
Production stockée et immobilisée	0,00	0,00
Autres produits	19 947 112,06	16 964 281,22
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	6 298 174,94	14 098 47,52
Reprises du financement rattaché à un actif	13 648 937,12	15 554 433,70
TOTAL PRODUITS DE FONCTIONNEMENT	259 727 225,91	275 620 308,78
PRODUITS FINANCIERS		
Produits des participations et des prêts	12 634,19	20 795,88
Intérêts sur créances non immobilisées	0,00	0,00
Produits des valeurs mobilières de placement et de la trésorerie	0,00	0,00
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00
Gains de change	13 793,22	16 195,73
Autres produits financiers	0,00	0,00
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	137 821,68	343 709,99
TOTAL PRODUITS FINANCIERS	164 249,09	380 701,60
RÉSULTAT DE L'ACTIVITÉ (PERTE)	3 668 656,02	0,00
TOTAL PRODUITS	263 560 131,02	276 001 010,38

Gouvernance et organisation

Conseil d'administration

Composition au 31 décembre 2023

Président

François HOULLIER Président-directeur général

Représentants de l'État

Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

Anne PUECH (Titulaire)
Cyril MOULIN (Suppléant)

Ministère de la Transition écologique
et de la Cohésion des Territoires

Thierry COURTINE (Titulaire)
Anaïs MELARD (Suppléante)

Secrétariat d'État chargé de la Mer
et de la Biodiversité

Aurélié DARPEIX-VAN TONGEREN (Titulaire)
Hélène RENAULT (Suppléante)

Ministère des Armées

Cédric CHETAILLE (Titulaire)
Alain THOMAS (Suppléant)

Ministère de l'Économie, des Finances
et de la Souveraineté industrielle et numérique

Agathe ROLLAND (Titulaire)

Ministère de l'Économie, des Finances
et de la Souveraineté industrielle et numérique

Michel PASCAL (Titulaire)

Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères

Mathieu PERROT (Titulaire)
Leïla CHABANE (Suppléante)

Ministère de la Transition écologique
et de la Cohésion des Territoires

Fabienne RICARD (Titulaire)
Magali NAVINER (Suppléante)

En raison de leur compétence
dans les domaines d'intervention de l'institut

Julien LAMOTHE
Françoise GAILL
Frédéric MONCANY DE SAINT-AIGNAN

Au titre des ressources vivantes

Elsa CORTIJO
Valérie VERDIER

Représentants élus du personnel de l'Ifremer

CFDT

Abdellah BENABDELMOUNA
Jean-François PEPIN
Marie-Anne CAMBON
Cathy TREGUIER

CGT

Carla SCALABRIN
Éric ABADIE
Jean-Michel SCHRAMM

Membres avec voix consultative

Commissaire du gouvernement
Laurence PINSON

Secrétariat général de la Mer

Didier LALLEMENT
Benoit DE GUIBERT

Contrôle général économique et financier
Jean BEMOL

Représentante du Ministre chargé
des départements Outre-Mer
Élodie SEZNEC

Président du comité scientifique de l'Ifremer
Patrick LANDAIS

Agent comptable de l'Ifremer
Didier JAOUEN

Comité des parties prenantes : un lieu de dialogue original entre science et société

Les membres du Comité des parties prenantes de l'Ifremer réunis sur le site expérimental d'Argenton. CC BY Olivier Dugornay - Ifremer



Lancé en 2021, le comité des parties prenantes (CPP) de l'Ifremer rassemble un large panel d'acteurs issus de la sphère civile et privée. À la co-présidence de cette structure qui fait le pont entre science et société : Geneviève Pons, directrice générale et vice-présidente d'Europe Jacques Delors, et Sébastien Treyer, directeur général de l'Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI). Regards croisés sur une instance singulière dans le monde de la recherche.

Qu'est-ce qui a fait naître votre envie d'intégrer le comité des parties prenantes (CPP) de l'Ifremer ?

Sébastien Treyer : L'Ifremer fait l'objet de nombreuses attentes d'acteurs variés sur des questions scientifiques et techniques. Notre objectif, c'est de comprendre et traduire les interrogations qui agitent la société au sens large, et qui, demain, pourraient devenir celles sur lesquelles la recherche se penchera. On joue un rôle d'interface, pour ouvrir le dialogue. Je travaille, dans mon quotidien, sur les négociations internationales, notamment en matière d'avenir de l'océan. Faire partie de cette aventure m'offre un autre regard et une compréhension approfondie sur la coopération scientifique. C'est une expérience très innovante.

Geneviève Pons : Le fait qu'il s'agisse d'une démarche inédite est effectivement, très intéressant. Même aux États-Unis ou en Allemagne, des pays qui comptent également des instituts de recherche sur l'océan renommés, il n'y a pas d'équivalent au CPP de l'Ifremer. Et c'est dommage, car dans le contexte de changement climatique, de chute de la biodiversité et de besoin de développement d'une économie bleue durable dans lequel nous sommes, instaurer et entretenir un lien entre la science et la société, de manière participative, me semble essentiel. Je suis, pour ma part, à Bruxelles depuis 34 ans. C'est passionnant, mais parfois trop éloigné des réalités locales dont je souhaitais me rapprocher. Ma passion pour la mer m'a également incitée à répondre à l'appel de l'Ifremer.

Cette expérience et le mode de fonctionnement du CPP, à ce stade, répondent-ils à vos attentes ?

G.P. : Pour commencer, je trouve l'idée d'une co-présidence, excellente. Le binôme que nous formons avec Sébastien est très complémentaire et grâce au fort niveau d'interaction des participants et à l'investissement des équipes qui nous accompagnent sur la production et la mise en forme de nos travaux, tout le monde est au diapason. Après les saisines réalisées sur l'implication citoyenne puis sur les directives européennes qui gouvernent le milieu marin, celle de 2023 sur l'aquaculture (« La recherche pour une aquaculture marine durable et innovante ») est, je le crois, de très bonne qualité. Présentée au conseil d'administration de l'Ifremer en mars 2024, elle met sur la table des sujets aussi importants que la nécessité d'établir une stratégie de recherche lisible pour le monde aquacole, d'accompagner les professionnels du secteur pour s'adapter au changement climatique et de réduire les effets néfastes de certains types d'aquaculture en développant par exemple la recherche sur des alternatives au nourrissage par du poisson dit minotier* pour la pisciculture. On pointe aussi l'intérêt de promouvoir la recherche sur des activités prometteuses comme l'aquaculture multitrophique intégrée et l'algoculture. Enfin l'intérêt d'établir ou de maintenir un dialogue avec la profession et avec l'ensemble de la chaîne de valeur, jusqu'au consommateur est souligné.

S.T. : Cette note amènera forcément à un dialogue, qui commence par la réponse d'Ifremer aux travaux du CPP. On aimerait aussi, dans les mois à venir, tirer les leçons de notre travail à mi-mandat, et le partager avec d'autres établissements scientifiques français et internationaux, pour démontrer l'intérêt d'une structure comme le CPP. Nous préciserons également les orientations de notre prochaine saisine, qui portera sur les grands fonds marins.

Un peu plus de deux ans après son lancement, quel regard portez-vous sur votre participation au CPP ?

S.T. : Personnellement, je suis très fier de faire partie d'un dispositif exploratoire aussi innovant. Dans une société de plus en plus polarisée, être aux premières loges pour observer la construction d'une telle capacité de délibération collective, qui plus est entre des acteurs de secteurs qui, a priori, ne sont pas faits pour s'entendre, c'est quelque chose de vraiment enthousiasmant. Le CPP est un lieu de démocratie, et je suis toujours émerveillé de constater à quel point la science permet de faire fi des frontières pour ouvrir des options de coopération.

G.P. : Fierté partagée ! L'Ifremer est un endroit où on interagit avec des personnes dont la vie professionnelle et personnelle est intimement liée à l'océan. Pour moi, cette collaboration est très précieuse.

*La pêche minotière désigne les captures de petits poissons pélagiques destinés à la production de farines et d'huiles de poisson.

Découvrir le site web et les activités du comité : <https://www.ifremer.fr/fr/un-dialogue-regulier-avec-la-societe>

Composition du Comité des parties prenantes (au 31 décembre 2023)

Co-présidents

Geneviève PONS
Sébastien TREYER

Collège des associations et ONG

Laurent DEBAS
Raphaëla LE GOUVELLO
Céline LIRET
Jean-Yves PIRIOU
Christophe SIRUGUE

Collège des entreprises et artisans du monde maritime

Laurent CASTAING
Anne GUILLAUMIN GAUTHIER
Sarah LELONG
Alexandre LUCZKIEWICZ
Stéphane Alain RIOU

Collège des travailleurs du maritime

Thierry LE GUEVEL
Marie-Noëlle TINE DYEYRE

Collège des élus et représentants des territoires

Gil BERNARDI
François GATEL
Michel GOURTAY
Stéphane HAUSSOULIER
Gaël LE MEUR
Patricia TELLE

Collège des citoyens engagés

Marion BOURHIS
David GUILLERME
Simon RONDEAU

Comité scientifique

Deux séances ont été organisées avec le comité scientifique (CS) les 4 mai et 6 octobre 2023. Ces rencontres permettent d'échanger autour de sujets stratégiques pour l'Institut et de recueillir l'avis consultatif du CS sur les programmes de recherche et les aspects scientifiques de ces programmes. Elles ont aussi pour vocation de mettre en place des groupes de travail apportant un soutien aux réflexions internes.

En 2023, les salariés de l'Ifremer, des départements scientifiques et des fonctions support, ont participé à des ateliers pour définir les thèmes prioritaires du contrat d'objectifs, de moyens et de performance (COMP – 2024–2028), permettant l'élaboration d'un document qui a pu être présenté et discuté avec le comité scientifique. Ce dernier a veillé à accompagner l'Institut dans l'exercice complexe de rédaction du contrat en accord avec les instructions des tutelles.

Le CS a ainsi apporté son expertise autour de l'élaboration du thème prioritaire : « En quoi et comment, l'océan peut-il contribuer à la transition énergétique ? » et de la feuille de route sur les Énergies Marines Renouvelables. Il a émis des recommandations afin de clarifier le positionnement en interne, mais également au sein de la communauté scientifique, tout en veillant à renforcer la cohérence et les interactions entre recherche et expertise en appui aux politiques publiques.

Le programme prioritaire de recherche « Océan et Climat » financé par le programme France 2030 et labellisé par la décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques est piloté conjointement par l'Ifremer et le CNRS. Ce programme a la double ambition de développer une recherche intégrative et interdisciplinaire porteuse de solutions pour répondre aux défis posés par l'océan, et de partager la découverte de l'océan et les enjeux qui y sont liés avec la société dans son ensemble. Dans ce cadre, deux projets portés par Ifremer ont été retenus (LIFEDEEPEP et CLIMARCTIC); ils ont fait l'objet d'un échange riche entre les porteurs et le CS.

Le CS a également été sollicité en 2023 sur la création d'une nouvelle unité multi-sites intitulée COAST (Observation et écologie de la restauration des écosystèmes littoraux) et de sa feuille de route. Cette entité mènera ses missions nationales en les déclinant dans les territoires grâce à son réseau de 9 Laboratoires Environnement Ressources. Le CS a formulé plusieurs recommandations afin de garantir un positionnement stratégique et une visibilité adéquate vis-à-vis des autres unités de l'Ifremer et de l'externe tout en s'assurant d'une structuration robuste.

Composition du Comité scientifique (au 31 décembre 2023)

Président

Patrick LANDAIS

Membres nommés par arrêté

Denis ALLEMAND
 Laurence LE COQ
 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

Ricardo DA SILVA JACINTO
 Philippe MOGUEDET
 Caroline MONTAGNANI

Invités permanents

Didier GASCUEL
 Nicolas ARNAUD
 François LALLIER
 Frédéric MENARD

Intégrité scientifique, éthique et déontologie : pour une recherche responsable

En matière d'intégrité scientifique, l'Ifremer a poursuivi et renforcé en 2023 la sensibilisation et la formation de ses personnels au respect des exigences de l'intégrité scientifique par un module de formation en ligne bilingue (français et anglais) de 35 minutes sur le thème *Intégrité scientifique, éthique et déontologie — Les fondamentaux des métiers de la recherche*¹. Ce module est destiné l'ensemble des personnels, scientifiques et administratifs. Avec ce module de formation en ligne et la très grande majorité de ses chercheurs qui a suivi une formation approfondie (en présentiel) sur le sujet, l'Ifremer répond ainsi à l'article 2, 1^{er} alinéa, du décret n° 2021-1572 du 3 décembre 2021 selon lequel « *les établissements publics et fondations reconnues d'utilité publique (...) assurent la sensibilisation et la formation de leurs personnels au respect des exigences de l'intégrité scientifique, ainsi que de leurs étudiants dans le cadre de la formation à et par la recherche* ». Par ailleurs, l'Ifremer, par le biais de sa référente intégrité scientifique, Marianne Alunno-Bruscia, et de son directeur scientifique adjoint, Philippe Gouletquer, a participé à la rédaction d'un ouvrage collectif à vocation pédagogique intitulé *Une recherche responsable : l'intégrité scientifique*² publié dans la collection Les Mémos de Quae.

En matière d'éthique, l'Ifremer s'appuie sur les réflexions et travaux du Comité consultatif Éthique en Commun INRAE-Cirad-Ifremer-IRD*. Quatre nouveaux membres ont rejoint ce comité en 2023 : M. Bernard Bret, Mme Paula Martinho Da Silva, M. Ricardo Serrao Santos, et M. Laurent Thévenot. En 2023, le Comité Éthique en Commun a travaillé sur deux sujets en priorité :

- une auto-saisine intitulée « Quels droits et devoirs pour les scientifiques et leurs institutions face à l'urgence environnementale ? », qui a fait l'objet d'une discussion avec les personnels des quatre organismes, organisée au Centre Ifremer Atlantique de Nantes en mai 2023 et qui a donné lieu à la publication de l'avis n° 15³ en octobre 2023.
- une saisine « Exploration, exploitation et préservation des milieux inconnus et très faiblement anthropisés », pour laquelle le comité finalisera un avis au premier semestre 2024.

Composition du comité d'éthique en commun (au 31 décembre 2023)

Michel BADRÉ, président
Bernadette BENSAUDE-VINCENT, vice-présidente
Madeleine AKRICH
Catherine BOYEN
Bernard BRET
Denis COUVET
Mark HUNYADI
Paula MARTINHO DA SILVA
Marie-Geneviève PINSART
Pere PUIGDOMENECH
Ricardo SERRÃO SANTOS
Youba SOKONA
Laurent THÉVENOT

* Découvrir le site web et les activités du comité : <https://www.ethique-en-commun.org>

1 — Ifremer (2023). Intégrité scientifique, éthique et déontologie — Les fondamentaux des métiers de la recherche. Module de e-learning, Callimedia, 35 minutes.

2 — M. Alunno-Bruscia, C. Duquennoy, P. Gouletquer, E. Jaligot, A. Kremer, F. Simon-Plas. 2023. Une recherche responsable : l'intégrité scientifique. Editions Quae, Collection : Les Mémos de Quae, 63 p.

3 — <https://www.ethique-en-commun.org/content/download/7968/file/Avis15-Comite-Ethique-en-Commun.pdf>

Comité Social et Economique Central (CSE-C)

Composition au 31 décembre 2023

Le bureau du CSE-C

Secrétaire	Anne BOISSEAUX
Trésorière	Marine SALAÛN GRALL
Secrétaire-adjoint	Jean-Bernard DONOU
Trésorière-adjointe	Fabrice GUÉGAN

Les élus du CSE-C

Bretagne

Titulaires	Philippe HERVÉOU	CFDT
	Jean-Bernard DONOU	CFDT
Suppléants	Fabrice GUÉGAN	CFDT
	Olivier MÉRAL	CGT
	Emmanuel RINNERT	CFDT
	Marine SALAÛN-GRALL	CFDT
	Olivier DUGORNAY	CGT
	Christine DUBREUIL	CFDT
	Alison CHALM	CFDT
	Stéphane GUIOMAR	CFDT
	Mickaël GELEBART	CGT
	Gilles CAVAREC	CFDT
Lucile DURAND	CFDT	
Guillaume CLODIC	CGT	

Atlantique

Titulaires	Anne BOISSEAUX	CFDT
	Bruno SAINT JEAN	CFDT
	Stéphane GUESDON	CGT
Suppléants	Clarisse HUBERT	CFDT
	Muriel LISSARDY	CFDT
	Maud LEMOINE	CGT

Méditerranée

Titulaires	Emmanuel MANSUY	CFDT
	Aurélien ARNAUBEC	CFDT
	Maxime FERRERA	CFDT
Suppléants	Maxime MONFRET	CFDT
	Romain PIASCO	CFDT
	Patrice LUBIN	CFDT

Manche Mer-du-Nord

Titulaires	Geoffrey BLED-DEFUIT	CGT
	Carolina GIRALDO	Libre
Suppléants	Josselin CABOCHE	CGT
	Grégory GERMAIN	Libre

Nouvelle-Calédonie

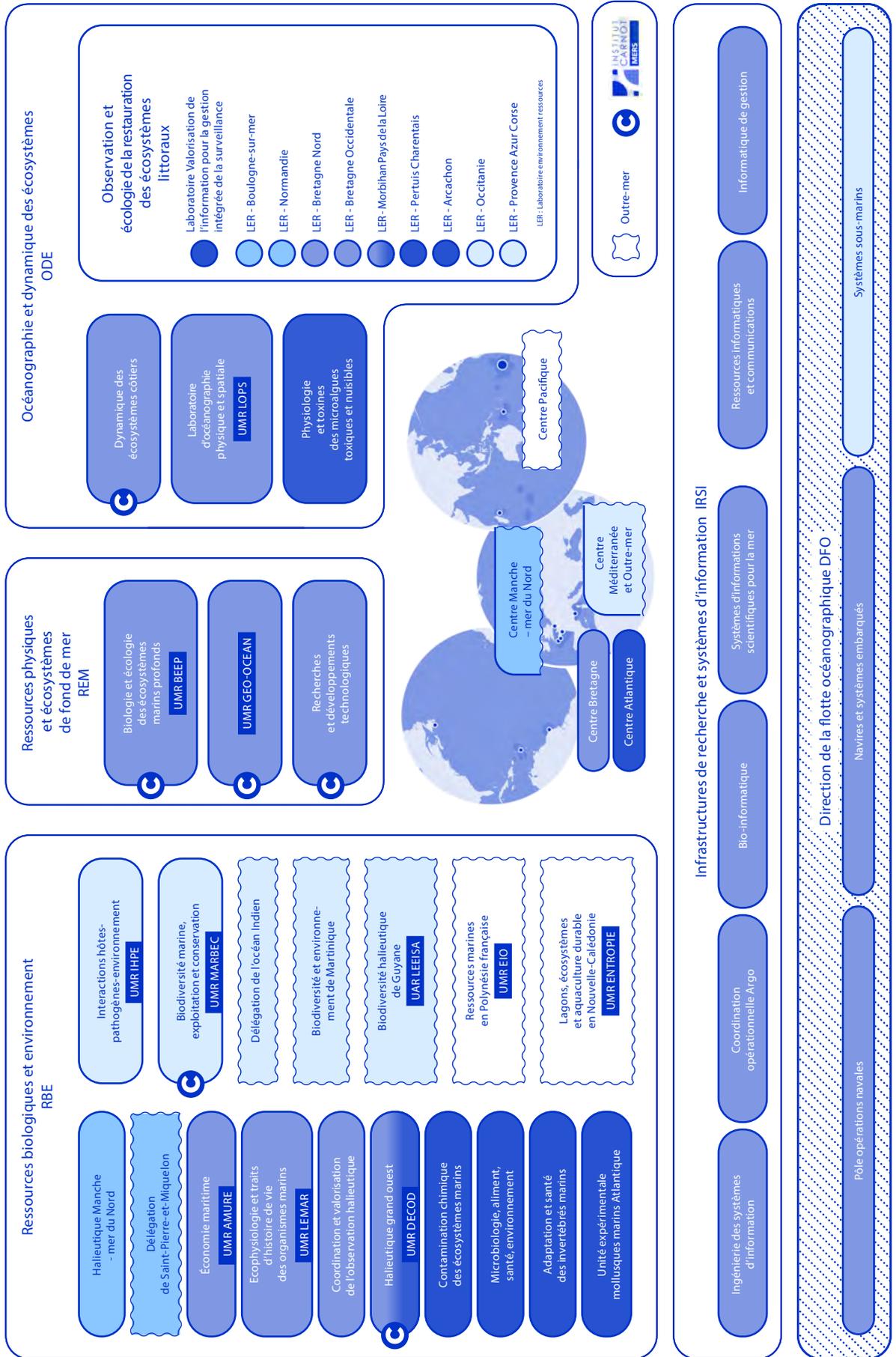
Titulaire	José HERLIN	Usocnc/CFDT
Suppléante	Eugénie AKARO	Usocnc/CFDT

Genavir Marins Navigants

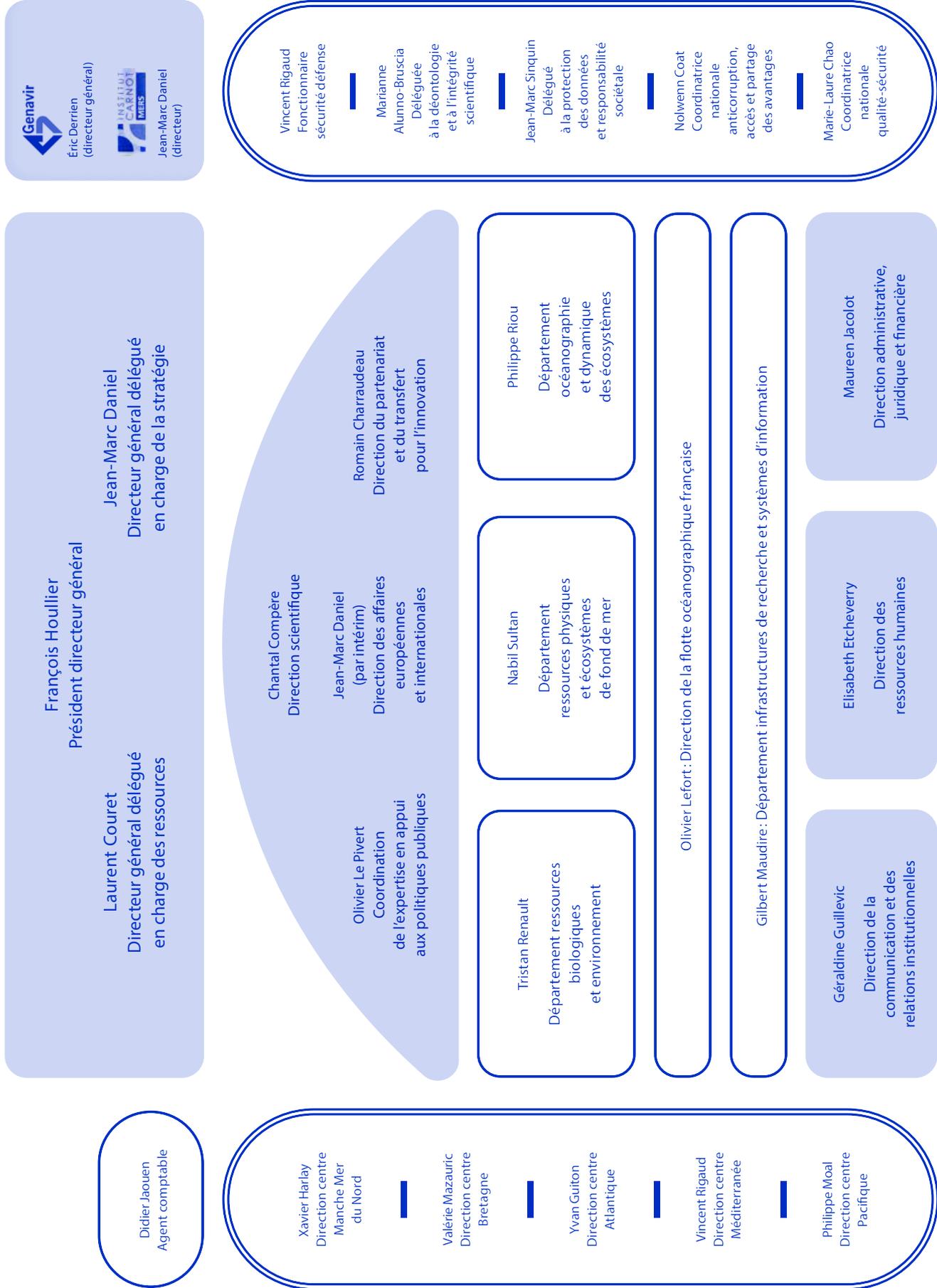
Titulaires	Philippe SCHNEIDER	CGT
	José REBELO	CGT
	Antoine BERLEMONT	CGT
Suppléants	Pascal DELPIERRE	CGT
	Madjid BOUAYAD-AGHA	CGT
	Vincent ROUSSELOT	CGT

Organisation des unités de recherche et d'appui à la recherche

Organisation des services et unités de recherche scientifiques et technologiques de l'Ifremer au sein des quatre départements scientifiques - Au 1^{er} juin 2024



Organisation générale au 1^{er} juin 2024



Ifremer

1625 route de Sainte-Anne
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 Agence Cimaya

Maquette graphique

Jérémy Barrault
& Léa Audouze

Impression

Calligraphy Print



Ifremer, présent dans les trois grands océans



Nous en sommes fiers

En 2023

1/4 de la recherche française en sciences et technologies de la mer

1572 collaborateurs dans l'Hexagone et en Outre-mer

797 scientifiques dont 111 titulaires d'habilitation à diriger des recherches (HDR)

137 doctorants et **28 post-doctorants**

24 implantations sur les mers du monde

24 unités de recherche scientifique et technologique dont 11 unités mixtes de recherche

260 millions de charges de fonctionnement et une trentaine de millions d'investissement

Co-pilote du PPR Océan – Climat, du PEPR Grands fonds marins, du PEPR BRIDGES

98 expertises et avis par an en moyenne (période 2019–2023)

45 familles de brevets déposés

Impliqué dans **15 des 35 start-ups** de l'index French Blue Tech

3 projets du conseil européen de la recherche (ERC)

61 projets H2020 (2014–2020) et 35 projets Horizon Europe (2021–)

Top 5 mondial pour la Flotte océanographique française, opérée par l'Ifremer et sa filiale d'armement Genavir

France 2030 Porteur de 7 des 12 missions dédiées à l'objectif 10 « Connaître les fonds marins » de France 2030

Porteur des équipements d'excellence ARGO2030, MARMOR, DeepSea'nnovation

2957 publications indexées dans la base bibliographique Web of Science (WoS) et consolidées dans Archimer (publications comptant au moins un auteur Ifremer) pour les années 2019 à 2023

Datarmor, le supercalculateur de l'Ifremer se distingue par une puissance de calcul de plus d'**1 pétaflops** et une capacité de stockage de **70 pétaoctets** (soit des performances équivalentes à 5000 smartphones de dernière génération).

+ de 8000 articles citant l'Ifremer dans la presse nationale et **+ de 300 heures** de présence dans les classes pour relever le défi du partage du savoir scientifique

#AllOnBoard