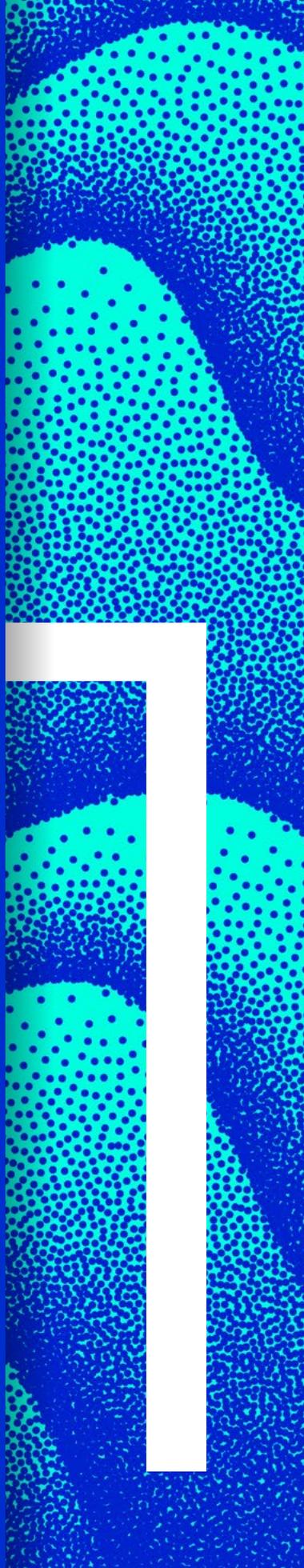


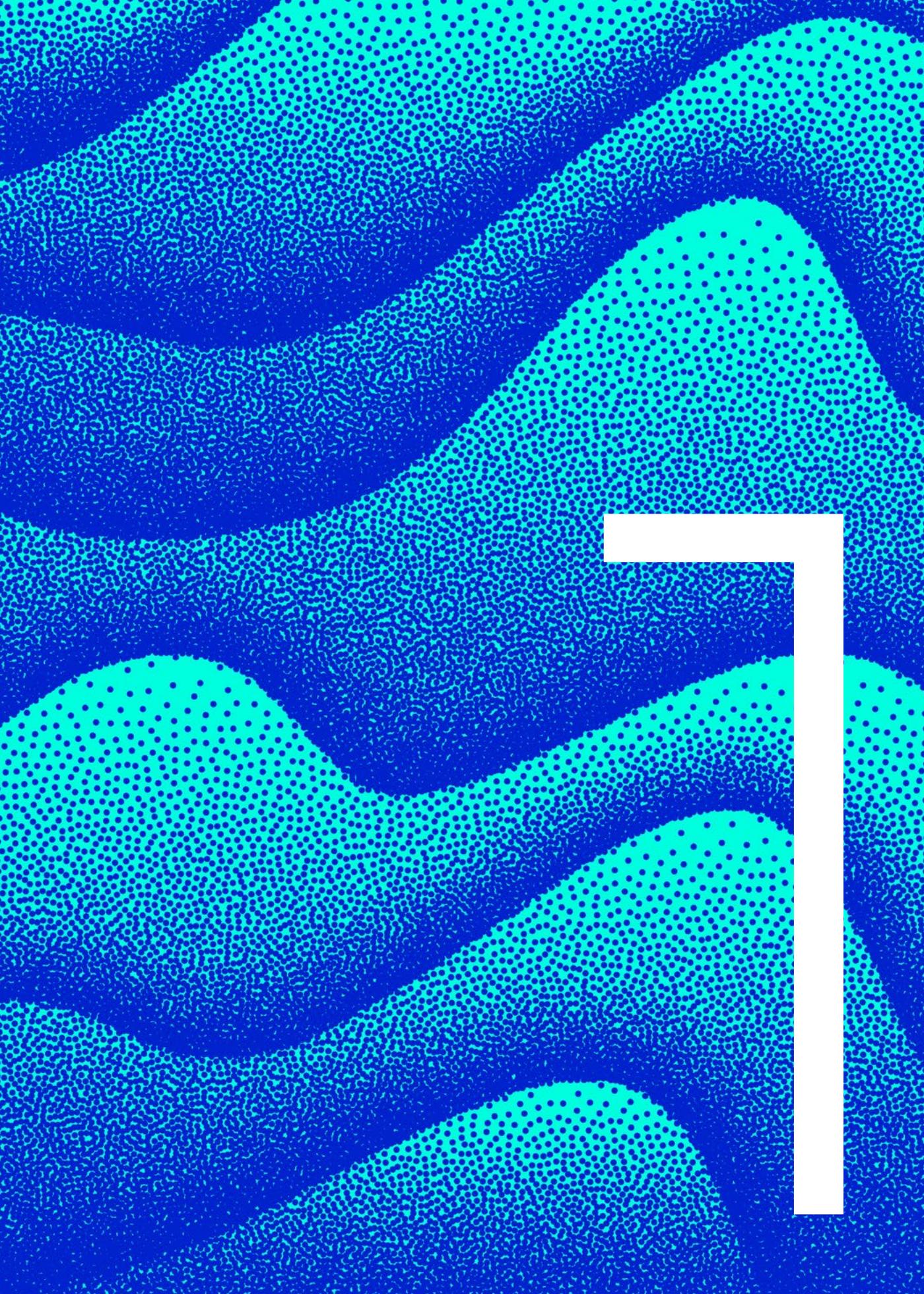
Une année avec l'Ifremer

2021



2021

Pour
des sciences
océaniques,
belles, utiles
et partagées



Sommaire

06 Édito

08 Chiffres clés 2021

10 Les temps forts

14 La Flotte océanographique française dans le monde

- 15 Des campagnes remarquables
 - 16 Poursuite de la modernisation des navires et équipements
-

17 Protéger et restaurer les mers et l'océan Un océan vivant, sain, sûr et résilient

- 18 Connaître, préserver et restaurer la biodiversité marine et les écosystèmes
 - 23 Comprendre les interactions entre le climat et l'océan
 - 26 Anticiper les événements climatiques et telluriques extrêmes, atténuer leurs impacts, les prévenir et y remédier
 - 29 Tracer et limiter les impacts des activités humaines, des pollutions et des contaminants chimiques, physiques et biologiques
-

31 Gérer durablement les ressources marines pour le bien-être des sociétés humaines Un océan de solutions

- 32 Assurer la durabilité de la pêche et de l'aquaculture
 - 35 Sécuriser la qualité sanitaire des produits de la mer
 - 36 Évaluer les enjeux de l'exploitation des ressources minérales
 - 37 Innover pour une industrie offshore responsable, dérisquée, durable et digitale
 - 43 Développer les biotechnologies marines
-

46 Construire et partager un océan numérique Un océan de données et de services

- 47 Concevoir et opérer des infrastructures de recherche ouvertes
 - 50 Observer l'océan : concevoir, déployer et piloter des capteurs, des systèmes de mesure
 - 53 Concevoir des systèmes d'information ouverts
 - 56 Rendre accessible l'information sur le milieu marin et ses usages
 - 58 OneOceanScience : un tour du monde digital des sciences océaniques
-

60 Accompagnement et soutien

- 61 Vivre avec la pandémie de Covid-19
 - 62 Regard sur les travaux du comité scientifique
 - 64 Éthique, déontologie et intégrité scientifique
 - 66 Responsabilité sociétale de l'Ifremer
 - 67 Ressources humaines et dialogue social
 - 68 Management de la qualité
 - 70 Données budgétaires et financières
-

71 Annexes

- 72 Bilan à la clôture avant affectation du résultat
- 74 Compte de résultat
- 76 Composition des instances de gouvernance au 31 décembre 2021
- 78 Organigrammes

Audrey Azoulay, Directrice générale de l'UNESCO



Audrey Azoulay,
Directrice générale
de l'UNESCO.
Photo : UNESCO/
Christelle Alix

L'état de santé de l'Océan se détériore. Tous les indicateurs sont inquiétants : température, taux d'oxygène, acidification, disparition progressive des récifs coralliens et des mangroves. Au point que l'Océan pourrait cesser d'être cet immense allié qui a absorbé près de la moitié du CO₂ émis depuis la révolution industrielle, pour commencer à en émettre, selon les dernières données – particulièrement alarmantes – de l'UNESCO¹. De ce constat, tirons trois leçons.

Tout d'abord, il nous faut plus et mieux protéger les océans. Quand on sait que les sites marins classés au patrimoine mondial de l'humanité, qui représentent pourtant moins de 1% de la surface de l'Océan, stockent l'équivalent d'un dixième du carbone émis sur une année², on mesure l'importance de ces mesures de protection. Mais la protection seule ne suffit pas. Nos connaissances sur les océans sont encore lacunaires ; or pour protéger et agir, il faut d'abord connaître et comprendre. Pourtant 24% seulement des fonds marins sont à ce jour cartographiés. Enfin, il faut davantage investir dans la sensibilisation et dans celle des plus jeunes tout particulièrement. L'UNESCO s'est ainsi engagée à accompagner ses États membres pour qu'ils intègrent, d'ici 2025, l'éducation aux océans dans les programmes scolaires.

Il faut cependant aller plus loin, beaucoup plus loin. La Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques, débutée l'an passé et menée par la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, est l'occasion de mobiliser la communauté internationale et l'ensemble des acteurs concernés, car nous ne pouvons rester dans un tel état d'ignorance relative. Pour faire progresser les sciences de l'océan, le rôle de partenaires scientifiques comme l'Ifremer est central.

Les 600 publications scientifiques dont ce rapport d'activité 2021 fait état, témoignent de son dynamisme, de l'engagement des femmes et des hommes qui y travaillent, de son excellence aussi – à l'image de Tepoerau Mai, post-doctorante au sein de la délégation Ifremer de Nouvelle-Calédonie et lauréate du prix Jeunes talents L'Oréal-UNESCO pour les femmes et la science, pour ses travaux sur les microalgues toxiques. Cette valeur scientifique est inestimable et fait de l'Ifremer un partenaire particulièrement précieux pour l'UNESCO.

C'est ainsi à l'Ifremer, à Brest, qu'est hébergé OceanOPS, le centre commun de l'Organisation météorologique mondiale et de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO. Son objectif est simple, mais décisif : densifier le réseau d'appareils de mesure. Des bouées ont ainsi pu être déployées par quatre skippers du Vendée Globe 2021 ; et, dans le même esprit, le projet Odyssey fait lui aussi appel à la société civile, aux marins, aux ONG et au secteur privé afin que chacun puisse participer, à son échelle, à renforcer le système mondial d'observation des océans.

Dans la protection de notre bien commun, l'océan, l'UNESCO est ainsi fière de pouvoir compter sur un partenaire aussi incontournable que l'Ifremer. Ce rapport d'activité apporte la preuve qu'une mobilisation de toutes et tous permet de changer la donne, et d'agir concrètement et efficacement pour l'océan, notre poumon bleu.

¹ Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, *Integrated ocean carbon research: a summary of ocean carbon research, and vision of coordinated ocean carbon research and observations for the next decade*, avril 2021.

² UNESCO, *Le patrimoine mondial marin de l'UNESCO : gardien des réserves mondiales de carbone bleu*, février 2021.

François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer



François Houllier,
Président-directeur
général de l'Ifremer
Photo : Olivier Dugornay /
Ifremer

Les sciences océaniques confortent leur ancrage dans l'agenda international, européen et national

Avec le lancement de la décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030) puis de la mission européenne « Restaurer les océans et les eaux », avec l'annonce, depuis le congrès mondial de la Nature, du One Ocean Summit, puis de l'exploration des grands fonds marins comme l'une des 10 priorités de France 2030, avec la montée en puissance de l'éolien marin et des besoins de connaissance qui lui sont attachés, l'année 2021 a confirmé la mise à l'agenda — international, européen et national — de l'océan et des sciences et technologies marines.

Cette année a aussi été marquée par la poursuite de la pandémie de Covid19. Celle-ci a continué de perturber la vie et l'activité des équipes, la réalisation des programmes de l'Institut et le déroulement des campagnes de la Flotte océanographique française que l'Ifremer opère, avec l'appui de sa filiale Genavir, au bénéfice de l'ensemble de la communauté scientifique.

C'est dans ce contexte, à la fois stimulant et exigeant, que l'Ifremer a continué de déployer son projet global et préparé son évaluation par le haut conseil pour l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres).

L'Institut a ainsi poursuivi la modernisation de ses infrastructures et commencé de mettre en œuvre les trois grands plans d'investissement adoptés fin 2020 : inauguration par le Premier ministre du siège de l'Ifremer ; achèvement du

centre du littoral et de la mer (Celimer) à Sète, et des nouvelles installations expérimentales dédiées aux recherches sur les mollusques à La Tremblade ; lancement du projet Batimer à Nantes ; rénovation du navire hauturier *L'Atalante* ; instruction des projets d'observatoire sous-marins au large de Mayotte et de la Nouvelle-Calédonie ; lancement de la grappe de projets ARGO d'observation de l'océan global et du projet DeepSea'nnovation qui dotera les robots sous-marins téléopérés de nouveaux capteurs ; création de la filiale Ifremer Innovation Investissement et partenariat avec le nouveau fonds d'impact Blue Ocean ; création d'une équipe-projet avec Inria et l'IMT Atlantique sur l'océan numérique ; instruction de la première chaire bleue qui sera lancée en 2022 à Nantes sur le thème général « mer & santé »... Autant de projets qui préparent l'avenir.

L'Institut s'est aussi attaché à poursuivre son ouverture sur la société, en créant et en installant son comité des parties prenantes, en participant au congrès mondial de la Nature à Marseille, et en conduisant avec le CNRS et l'IRD et avec 34 autres partenaires du monde entier la campagne digitale OneOceanScience qui a ouvert la session dédiée à l'océan lors de la Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP26) de Glasgow.

Chiffres clés de l'année 2021

Recherche



Expertise

89 avis ou
expertises
produits

Innovation

14 déclarations
d'invention

Ressources humaines

1525
salariés

700

chercheurs et ingénieurs dont **102** titulaires d'habilitation à diriger des recherches (HDR)

155

doctorants

33

post-doctorants

68

recrutements en CDI (Contrats à durée indéterminée) en 2021

Budget

240

millions d'euros de dépenses, dont 31,7 millions d'euros d'investissements

1571

ETPT (équivalents temps plein annuel travaillé)

Les temps forts de l'année 2021



Fév. 2021

Création de PIIRESS, une plateforme de recherche à Saint-Pierre-et-Miquelon

Aux côtés des représentants de l'archipel et d'autres organismes de recherche français et internationaux, Ifremer a participé à la création de l'association, la « Plateforme interdisciplinaire et internationale de recherche et d'enseignement supérieur en zone subarctique » (Piiress) à Saint-Pierre-et-Miquelon. Sa mission est d'accroître les connaissances scientifiques utiles au développement social, économique, culturel et patrimonial de l'archipel, d'accompagner la logistique des programmes de recherche scientifique en cours, et de partager cette connaissance avec la population.

LES CHAIRES BLEUES DE L'IFREMER

11 mai & 1^{er} déc. 2021

Appel à candidatures pour les deux premières Chaires bleues de recherche

Nouveau dispositif stratégique de l'Ifremer, les Chaires bleues visent à ouvrir des champs de recherche inédits. Localisée à Nantes, la première se consacrera à la thématique « Contaminants, mer et santé ». Située dans l'Océan indien, la seconde s'intéressera, en 2023, à la crise sismo-volcanique de Mayotte.



20 mai 2021

Alliance AFD - Ifremer pour préserver les écosystèmes marins

Dédiée à la production de connaissances et d'outils pour la protection et la gestion des ressources marines, la convention signée avec l'Agence française de développement (AFD) est entrée en phase opérationnelle. Huit projets scientifiques ont été initiés au bénéfice des pays en développement. Répartis dans les trois océans du globe et en Méditerranée, ils traitent d'enjeux majeurs : changement climatique, biodiversité, suivi et gestion des milieux...



PROGRAMME PRIORITAIRE DE RECHERCHE OCEAN & CLIMAT

8 juin 2021

Lancement du programme prioritaire de recherche « Océan et climat »

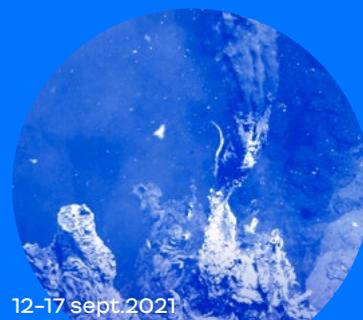
Piloté par l'Ifremer et le CNRS, ce nouveau programme rassemble la communauté scientifique française autour des enjeux clés de l'océan. Doté d'un budget de 40 M€ sur 6 ans, il propose aux chercheurs de relever 7 grands défis interdisciplinaires axés sur la compréhension, la protection et l'exploitation durable des milieux marins.



4-11 sept. 2021

La biodiversité marine au congrès de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)

L'Ifremer a participé au congrès de l'UICN, le plus grand rassemblement mondial en matière de biodiversité qui a accueilli à Marseille près de 25 000 visiteurs. L'occasion pour nos chercheurs d'aller à la rencontre du public, d'animer des ateliers et de se joindre aux débats qui ont mobilisé les 1500 membres de l'organisation, des milliers d'experts et des représentants de 160 pays.



12-17 sept. 2021

Accueil de la 16^e édition du Deep-Sea Biology Symposium

L'Ifremer a accueilli à Océanopolis (Brest) cette manifestation phare qui influence depuis plusieurs années l'avancement de la science et de la biologie des grands fonds marins. Près de 600 participants, issus de 46 pays, ont ainsi pu échanger sur cet écosystème — le plus étendu et le moins exploré de la planète — au fil de nombreuses présentations orales, posters, ateliers et d'une table ronde sur le bio-mimétisme.



8 octobre 2021

Coopération European Molecular Biology Laboratory (EMBL) — Ifremer en faveur des sciences océaniques

En signant un protocole d'entente avec l'EMBL, une structure de recherche en biologie moléculaire regroupant une trentaine d'États, l'Ifremer s'engage à développer une coopération scientifique dans les domaines de la biodiversité marine et des interactions hôte-pathogène-environnement.



7 octobre 2021

Quatre chercheuses honorées en 2021

Tepoerau Mai, post-doctorante au sein de la délégation Ifremer de Nouvelle-Calédonie, fait partie des 35 élues du **Prix Jeunes Talents L'Oréal-UNESCO pour les femmes et la science**. Ses études portent sur les microalgues nuisibles et toxiques de Nouvelle-Calédonie et leur impact sanitaire potentiel.



23 novembre 2021

Le prix Christian Le Provost 2021

a été décerné à Camille Lique, chercheuse de l'Ifremer au laboratoire d'Océanographie physique et spatiale, pour ses recherches sur la dynamique océanique dans le bassin arctique où les stigmates du changement climatique sont les plus visibles.



30 novembre 2021

Dirigé par Françoise Leroi, le laboratoire nantais Écosystèmes microbiens et Molécules marines pour les Biotechnologies (EM3B) a reçu le **Prix de l'Académie de Marine**. Cette distinction récompense ses travaux sur des bactéries marines d'origines très diverses et leur valorisation (santé, chimie, nutrition humaine et environnement). Codirigé par Michèle Fichaut, chercheuse au service des Systèmes d'Informations scientifiques pour la mer (SISMER) de l'Ifremer, le portail des données marines SeaDataCloud a été lauréat de la 9^e édition du **trophée Étoiles de l'Europe** (mention science ouverte).



12 février 2021

Comment vont les poissons ? 47% des poissons débarqués en France sont issus de populations pêchées durablement

La surveillance des populations de poissons pêchées en France (démographie, renouvellement des espèces, santé des écosystèmes) mobilise de très nombreux scientifiques. Comme chaque année, l'Ifremer a présenté le diagnostic 2020 lors d'une conférence de presse numérique. L'évolution vers une pêche plus durable se confirme, mais de nombreux efforts restent à faire pour atteindre les objectifs fixés par l'Union européenne.



6 septembre 2021

Soutien scientifique au fonds Blue Ocean

SWEN Capital Partners, acteur de référence de l'investissement durable, a annoncé le lancement de son second fonds d'impact européen, *Blue Ocean*. L'ambition est de lever 120 M€ pour financer des start-ups innovantes dédiées à la régénération de l'océan. L'Ifremer accompagnera cette opération en tant qu'expert chargé d'étudier les opportunités d'investissement sur la base de critères scientifiques et techniques robustes.



25 octobre 2021

L'appel OneOceanScience

Imaginé par l'Ifremer, en partenariat avec le CNRS et l'IRD, cette mobilisation internationale en faveur de l'océan a reçu le soutien de la plateforme Océan & Climat (POC), de l'astronaute de l'ESA Thomas Pesquet et de John Kerry, l'envoyé spécial du Président des États-Unis pour le climat. À cette occasion, 37 scientifiques de 33 pays ont pris la parole à travers une série de courtes vidéos (site interactif oneoceanscience.com), afin d'alerter le public et les délégations de la COP 26 sur l'importance cruciale de l'océan dans la lutte contre le changement climatique.



8-9 novembre 2021

Installation du Comité des parties prenantes

Avec cette nouvelle instance consultative rattachée au conseil d'administration, l'Ifremer veut ouvrir plus grand ses portes à la société civile. Ses 23 membres sont des personnalités investies dans la protection de l'environnement marin, des acteurs issus des filières maritimes et des élus de collectivités littorales. L'objectif du comité est d'intégrer la dimension sociétale au cœur des programmes de recherche et d'accroître la diffusion de la connaissance vers la société.



6 février 2021

Inauguration du nouveau siège social de l'Ifremer

Cofinancé par l'État et les collectivités territoriales, le nouveau siège, situé à Brest sur le plus grand centre de recherche scientifique de l'Institut, a été inauguré par le Premier ministre. Ce bâtiment a été baptisé Bougainville (en référence au grand explorateur français).



12 février et 13 septembre 2021
Visites de la ministre de la Mer

M^{me} Annick Girardin, ministre de la Mer, accompagnée d'élus et de représentants institutionnels, a successivement visité la station expérimentale de Palavas et le centre Ifremer de La Seyne-sur-Mer. La première visite était centrée sur les activités aquacoles et piscicoles développées en Occitanie, et la seconde, sur les activités de l'Ifremer au sein de la Région Sud PACA (surveillance de la contamination chimique, études sur les microplastiques, restauration écologique, interventions sous-marines...).



18 février 2021
Reconduction de François Houllier à la tête de l'Ifremer

Président-directeur général de l'institut depuis septembre 2018, François Houllier a été reconduit pour 5 ans dans ses fonctions par le Gouvernement, sur proposition du conseil d'administration de l'Institut. Il a réaffirmé à cette occasion sa volonté de promouvoir « une science belle, utile et partagée ». Ouverture à la société, forte ambition scientifique, culture de l'innovation et volonté d'être un catalyseur d'initiatives à l'échelle internationale structurent le projet d'Institut 2030.



6 juillet 2021
Création de la filiale I3 Ifremer-Innovation -Investissement

SAS dotée d'un capital de 7 M€, la filiale de l'Ifremer I3 a été créée pour soutenir des prises de participation de l'Ifremer dans le cadre de sa politique d'innovation et de valorisation de la recherche. Le 1^{er} septembre 2021, lors de sa réunion inaugurale, le conseil d'administration a élaboré la feuille de route de la nouvelle entité.



14 octobre 2021
Plan d'actions outre-mer (PAOM)

Présent sur les trois océans avec ses implantations ultramarines, l'Ifremer a élaboré un plan d'actions (2021-2025) avec et pour les territoires d'outre-mer. Ce PAOM entend renforcer les liens entre sites, les politiques scientifiques locales, les outils, les coopérations régionales, avec l'ambition d'affirmer l'identité des sites ultramarins et de pleinement les intégrer dans la stratégie de l'institut.



24 novembre 2021
Rénovation de La Tremblade pour une aquaculture durable

Agrandie et modernisée avec l'appui de la Région Nouvelle-Aquitaine, la station Ifremer de La Tremblade a été inaugurée en présence de personnalités régionales et nationales. Dédiée à l'étude des mollusques marins, cette infrastructure travaille au développement d'une aquaculture durable afin de protéger la santé des consommateurs, des animaux et de l'environnement.

Photos: Éric Brossier, PIIRESS, Olivier Dugornay, Ifremer, Anne-Laure Clément, J.C. Caslot, C. Coatanoan, S. Lesbats, É. Buffier, Gatis Marcinkevics

La Flotte océanographique française dans le monde



Après une année 2020 perturbée par le choc de la pandémie, l'année 2021 apparaît comme un relatif retour à la normale. Dans un contexte international encore incertain et fluctuant, la Flotte océanographique française a pu réaliser l'essentiel de son programme. En maintenant les protocoles sanitaires d'embarquement, elle a effectué 115 campagnes et une activité scientifique évaluée à 2 329 jours, proche des niveaux de 2019. Quelques belles opérations sont à souligner en matière de partenariats et d'échanges scientifiques et techniques, comme de renouvellement des navires et des équipements.

Le succès des Rencontres de la Flotte

Cette première édition en ligne des Rencontres de la Flotte océanographique française a rencontré un franc succès. Organisées pour renforcer les liens avec les utilisateurs, elles ont mobilisé une cinquantaine d'intervenants orateurs et accueilli plus de 400 participants. Globalement satisfaits par les différents échanges sur le fonctionnement de la Flotte, les campagnes du futur, les développements technologiques, de nombreux participants se sont déclarés très désireux de réitérer l'opération dans les années à venir.

20 ans de partenariat avec La Marine et le Shom

L'Ifremer, la Marine nationale et le Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom) ont initié en 2001 une coopération axée sur la mutualisation de moyens océanographiques et hydrographiques, un anniversaire que la Flotte a voulu marquer en donnant la parole à des acteurs de ce partenariat. Il ressort de leurs témoignages croisés un bilan très positif et une envie commune de poursuivre cette collaboration fructueuse dans le même esprit.

Des campagnes remarquables

Comprendre le rôle de l'océan en tant que régulateur du climat, ses évolutions, sa biodiversité et ses écosystèmes profonds, autant d'enjeux et de questionnements auxquels les campagnes océanographiques aident à répondre.

Ghass 2

Sous la direction de l'Ifremer, 80 scientifiques ont mis le cap sur la mer Noire afin d'évaluer la menace que représentent, pour le climat et la stabilité des fonds marins, les émissions de méthane liées à la dissociation des hydrates de gaz piégés au fond de l'océan.

Chereef

Durant 5 ans, en s'appuyant sur des observations de surface et un observatoire profond, les scientifiques vont ausculter les coraux d'eau froide du golfe de Gascogne afin d'évaluer leur état de santé et les pressions s'exerçant sur eux.

Amazonix

Avec une approche intégrée des processus physiques, biogéochimiques et écologiques sur le talus et le plateau amazonien, cette campagne pluridisciplinaire apporte un nouvel éclairage sur les processus encore mal compris prenant place à l'embouchure de l'Amazone et leur impact sur les écosystèmes.



À bord du *Pourquoi Pas ?*, l'équipe scientifique discute et affine les objectifs de plongée et de prélèvements lors de la campagne Ghass 2, sur la trace des hydrates de gaz en mer Noire.

Photo : S. Lesbats - Ifremer



Le robot sous-marin Ariane est parti en éclaircir. Sa mission : identifier le meilleur endroit pour installer un observatoire de fond de mer et scruter la vie quotidienne des coraux d'eau froide. Photo : N. Floc'h

Poursuite de la modernisation des navires et des équipements

L'un des défis majeurs de la Flotte océanographique française est de proposer aux scientifiques les moyens d'exploration les plus performants du moment. La Flotte a donc activement poursuivi la modernisation des navires et les développements technologiques pour disposer d'instruments et de procédés plus efficaces et durables.

À gauche: *L'Atalante* a bénéficié d'une modernisation importante en 2021. À droite: Le DRIX, drone de surface dédié à l'acquisition de données scientifiques
Photos: F. Bertermin / Ifremer, Florian Schattner - iXblue



Modernisation et déploiement du Victor 6000

Le robot téléopéré (ROV) Victor 6000 est l'un des équipements les plus performants au monde dans sa catégorie et un outil majeur de la Flotte pour l'exploration des grands fonds. Un programme de modernisation a été mis en œuvre pour augmenter sa puissance et ses capacités d'emport, de prélèvement, de mesure et d'imagerie. Dans le même temps, nos équipes ont procédé à l'adaptation du *Marion Dufresne* afin que ce navire puisse déployer le Victor 6000 avec tout son environnement.

Rénovation de *L'Atalante*

Comptant parmi les principaux navires de la Flotte, *L'Atalante* navigue sur tous les océans et fait régulièrement le tour du monde. Mis en service en 1989 et déjà modernisé en 2009, il a bénéficié cette année d'une remise à niveau complète. Production d'énergie de dernière génération (plus économe et propre), renouvellement des équipements de manutention, réfection des locaux de vie, mise à niveau des systèmes informatiques, peinture aux nouvelles couleurs de la Flotte, travaux de grand entretien, aucune partie ni fonctionnalité du navire n'a été négligée pour garantir son exploitation jusqu'à la fin de la décennie.

Évaluation du potentiel des drones marins de surface

Dans le cadre du projet Semna (Système expert et multiplateformes de navigation autonome), l'Ifremer étudie le potentiel des drones marins de surface et leur introduction éventuelle dans la Flotte océanographique française. Aux côtés de plusieurs acteurs publics et privés, nos équipes participeront durant plusieurs années au développement d'un système multiplateforme de navigation et de conduite d'opérations navales.

Plus de détails dans le rapport annuel de la Flotte océanique française

Protéger et restaurer les mers et l'océan

Un océan vivant,
sain, sûr et résilient

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

Le coelacanthe, un poisson à la longévité insoupçonnée

Un article publié par des scientifiques de l'Ifremer et du Muséum national d'histoire naturelle révèle que le coelacanthe peut vivre près d'un siècle, que sa période de gestation de 5 ans compte parmi les plus longues connues, et que sa reproduction tardive, vers 55 ans, tend à fragiliser l'espèce.

100 ans : c'est l'espérance de vie que peut atteindre le coelacanthe d'après les récentes estimations des chercheurs de l'Ifremer et du MNHN.
Photo: MNHN



Le coelacanthe est un animal mythique, dont l'origine remonte à 400 millions d'années. Vivant dans les profondeurs, il peut mesurer jusqu'à 2 m de long pour un poids maximal de 110 kg. Classée parmi les espèces en danger critique d'extinction, sa population s'élèverait à quelques milliers d'individus seulement. Jusque-là, les scientifiques estimaient sa durée de vie à une vingtaine d'années, mais la nouvelle étude prouve au contraire qu'il s'agit d'un poisson à forte longévité avec une croissance très lente.

Exploitant les méthodes et techniques d'analyse très pointues du pôle de sclérochronologie de l'Ifremer,

les chercheurs se sont appuyés sur la collection de coelacanthes du Muséum, l'une des plus importantes au monde. L'examen des écailles de 27 spécimens, allant de l'embryon jusqu'à l'adulte, a ainsi montré l'exceptionnelle longévité de l'espèce et permis de mieux comprendre son extinction : peu d'adultes réussissent en effet à atteindre l'âge de la reproduction.

Les scientifiques poursuivent leurs travaux sur les relations entre la température de l'eau et la croissance du coelacanthe, car le changement climatique pourrait constituer une menace supplémentaire pour la survie de l'espèce.

Pôle de sclérochronologie

Unique en France, ce laboratoire de recherche de l'Ifremer est localisé à Boulogne-sur-mer et étudie la croissance des poissons grâce à leurs écailles ou leurs otolithes, pièces calcifiées situées dans leur oreille interne.

Mahé Kelig, Ernande Bruno, Herbin Marc, « New scale analyses reveal centenarian *Latimeria chalumnae* », *Current Biology*, 2021. [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(21\)00752-1](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(21)00752-1) DOI:10.1016/j.cub.2021.05.054

Mieux comprendre et protéger les coraux d'eau froide

Mise à l'eau de l'observatoire Marley, un « espion » chargé de découvrir tous les secrets des coraux d'eau froide. Photo: Ifremer



Un observatoire de fond mer baptisé « Marley » (*Monitoring deep sea coRAL EcosYstem*) a été déployé à 1000 m de profondeur dans le canyon de Lampaul au large de la Bretagne. Durant 5 ans, il suivra en continu le mode de vie et de reproduction des coraux d'eau froide dont l'état de conservation est actuellement incertain.

Les récifs coralliens ne sont pas l'apanage des tropiques. Ils se développent aussi jusqu'à 2000 m de profondeur dans des zones sans lumière, avec des courants forts et une température de l'eau comprise entre 4 °C et 13 °C. Comme leurs homologues tropicaux, ces coraux d'eau froide présentent un fort intérêt écologique en créant un habitat complexe qui offre des abris à de nombreuses espèces et favorisent leur reproduction et leur développement. Cet écosystème sensible, au temps de récupération très long, est aujourd'hui menacé par le chalutage, la pollution et le changement climatique.

Afin de pallier le manque de connaissance sur ces coraux, l'Ifremer a initié le projet Chereef (*Characterization and ecology of cold-water coral reefs*) dans le cadre du projet européen Marha (*Marine Habitat*). Il consiste à réaliser une cartographie à très haute résolution du canyon de Lampaul et à réaliser des expériences et prélèvements *in situ* grâce à un observatoire de fond de mer. Le dispositif permettra notamment de filmer un récif de coraux 15 minutes par jour pendant 5 ans et d'étudier le comportement des polypes, mais aussi de la faune associée au récif. Six campagnes océanographiques sont prévues jusqu'en 2026.

La première, réalisée avec le navire *Thalassa* et les submersibles Asterx et Ariane de la Flotte océanographique française, a permis de cartographier la zone et d'installer l'observatoire de fond, certaines plongées étant retransmises en direct à Océanopolis (Brest).

Jusqu'en 2025, le Life Marha renforce les actions de 164 sites Natura 2000 français désignés pour leurs habitats naturels marins afin de rétablir leur bon état de conservation. Coordonné par l'Office français de la biodiversité (OFB) avec 11 autres partenaires, il intervient sur tous les leviers nécessaires à l'atteinte de cet objectif : gouvernance, sensibilisation, formation, acquisition et gestion des données, mesures de gestion...

Naissance de la plateforme Ocean Spy

La science participative au service de l'analyse d'images sous-marines

Catherine Borremans,
ingénieure biologiste
imagerie à l'Ifremer et
coordinatrice de la
plateforme Ocean Spy
Photo: S. Lesbats -
Ifremer



Ingénieure biologiste imagerie au sein du laboratoire Environnement profond (LEP) de l'Ifremer, Catherine Borremans assure la coordination d'Océan Spy, la nouvelle plateforme participative de l'Ifremer. Ce dispositif invite les citoyens à prêter main-forte aux chercheurs en annotant des images sous-marines provenant des grands fonds, des habitats des coraux d'eau froide ou encore des environnements côtiers. Une alliance au service de la connaissance.

D'où vient l'idée de faire appel aux citoyens pour annoter des images sous-marines ?

L'acquisition d'images sur la faune et les habitats benthiques, souvent en continu, est devenue une pratique très courante qui a débouché sur une croissance astronomique des volumes de vidéos et d'images qu'il nous faut visionner et annoter. Nous avons donc cherché à automatiser cette analyse en nous tournant vers le domaine de l'intelligence artificielle et en particulier vers les méthodes de *machine learning* (apprentissage et amélioration des performances d'un système à partir des données).

Le préalable à cette approche est la création de bases de données de référence pour entraîner les algorithmes. L'idée a été d'engager les citoyens dans l'annotation d'images et la construction de ces jeux de données d'entraînement ce qui a conduit à créer la plateforme Deep Sea Spy (2016), puis à développer Ocean Spy (2021). Ce mode de fonctionnement s'inscrit pleinement dans la politique d'ouverture sur la société de l'Ifremer. Il est l'occasion de faire le lien entre la science et le grand public, de faire découvrir les écosystèmes marins aux personnes intéressées qui peuvent ainsi les explorer en toute quiétude et contribuer à l'enrichissement des connaissances.

Quel est le principe de la première plateforme Deep Sea Spy ?

Avec Deep Sea Spy, nous avons proposé aux citoyens de visionner des images prises à partir des observatoires grands fonds, à proximité des cheminées hydrothermales, pour identifier certains organismes vivant dans ces milieux particuliers. La plateforme comprend un tutoriel pour se familiariser avec les règles d'analyse, une interface permettant d'annoter les images et un système de niveaux et de récompenses que l'on obtient en fonction du nombre d'annotations réalisées, un peu comme dans un jeu. Le tout bénéficie d'un graphisme attrayant. Nous avons ensuite une procédure de vérification et de validation des annotations.

C'est un projet qui fonctionne bien. Nous avons près de 3 000 contributeurs, surtout français, mais aussi étrangers, car nous avons prévu dès l'origine une version anglaise. La participation des scolaires (du primaire au lycée) à cette plateforme contribue aussi à sensibiliser les jeunes publics à la préservation des milieux marins.

Que propose la nouvelle plateforme Ocean Spy ?

L'idée est d'attirer plus de participants et d'impliquer aussi d'autres producteurs d'images. Plusieurs de nos collègues se sont montrés intéressés. Nous avons donc proposé d'élargir notre outil à différents écosystèmes en faisant évoluer ses fonctionnalités pour l'adapter aux spécificités de chacun.

Ocean Spy propose ainsi un portail « chapeau » qui permet d'accéder à ces plateformes dédiées, par exemple aux environnements côtiers (Shore Spy) ou à certains habitats comme celui des coraux d'eau froide (Deep Sea Spy Coral).

Nous avons presque terminé le développement d'Ocean Spy qui devrait entrer en service en 2022.

Et en parallèle, vous travaillez sur l'automatisation ?

Oui, nous avons déjà un premier algorithme qui permet une identification automatique, mais il reste encore du travail pour le rendre pleinement opérationnel. À ce niveau aussi, la participation citoyenne sera la bienvenue, car il faudra valider les annotations proposées par l'algorithme. Et comme nous envisageons de poursuivre l'intégration de nouveaux types d'images, nous aurons toujours besoin de constituer de nouveaux jeux de données d'entraînement et donc de cette démarche de science participative.

Quel avenir pour les huîtres plates sauvages européennes ?

Les récifs artificiels conçus dans le cadre du projet Forever facilitent le retour sur les côtes européennes des huîtres plates sauvages, une espèce grandement menacée.

Photo : S. Pouvreau - Ifremer



Associant scientifiques de l’Ifremer et professionnels de la conchyliculture, le projet de recherche Forever (*Flat Oyster REcoVERy*) démontre qu’il est envisageable de restaurer les populations d’*Ostrea edulis*, une espèce d’huître native des côtes européennes et aujourd’hui en voie d’extinction.

Vieille de plusieurs millions d’années, cette huître plate, la seule native d’Europe, a longtemps prospéré sur les côtes françaises, comme sur celles de nombreux pays de la Norvège à la Croatie. Toutefois, deux siècles de surpêche et de mécanisation, aggravés par l’émergence de deux parasites dévastateurs ont mis un terme à cette légendaire abondance. Au début des années 2000, l’huître plate a ainsi fait son entrée sur la liste des espèces menacées de la Convention pour la protection du milieu marin de l’Atlantique du Nord-Est (OSPAR).

Une prise de conscience au

niveau européen a conduit au lancement en France du projet de recherche Forever. Un travail d’enquête très poussé a ainsi dressé l’inventaire écologique, génétique et pathologique des dernières populations résiduelles, essentiellement situées en Bretagne pour les huîtres à l’état naturel. Les scientifiques se sont ensuite concentrés sur l’étude de la dynamique de ces populations : abondance et dispersion larvaire, facteurs environnementaux, effets de la prédation, impact des maladies parasitaires... L’ultime étape a été d’initier une démarche originale visant à concevoir et tester des solutions de conservation et de restauration sur

les dernières représentantes de l’espèce à l’état sauvage. Ces travaux montrent que les bancs d’huîtres plates pourraient revenir peupler les côtes européennes. Nos scientifiques s’efforcent d’ailleurs de poursuivre leurs efforts en ce sens.

Forever(Flat Oyster REcoVER) Financé par le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche et porté par le Comité régional conchylicole de Bretagne Sud, ce programme (2018-2020) a mobilisé l’Ifremer pour la partie scientifique et les suivis *in situ*, l’École supérieure d’ingénieurs des travaux de la construction de Caen pour la création des récifs dédiés à la fixation des huîtres, le Comité régional de la conchyliculture de Bretagne Nord et des bureaux d’étude bretons.

Microalgues toxiques et changement climatique : un enjeu écologique majeur pour la santé du littoral

Des scientifiques de l'Ifremer et de l'Université de Nantes concluent de leur étude sur *Dinophysis* que les proliférations de microalgues toxiques se poursuivront dans les eaux littorales européennes, quels que soient les scénarios climatiques envisagés par le Giec. Un phénomène qui menace la santé humaine, la biodiversité et les productions conchylicoles.

Placée sous l'étroite surveillance des scientifiques, la microalgue toxique *Dinophysis* continuera de sévir au moins jusqu'en 2100 sur le littoral français, quel que soit le scénario climatique.
Photo : ifremer



Présente sur le littoral français, la microalgue *Dinophysis* produit des toxines nocives pour la santé humaine via la consommation de coquillages. Son évolution est donc suivie avec attention par les réseaux nationaux de surveillance du phytoplancton (réseau Rephy opéré par l'Ifremer) et des phycotoxines (réseau Rephytox opéré par le ministère en charge de l'agriculture).

Dans le cadre du projet européen Coclime, des scientifiques ont souhaité évaluer le comportement de *Dinophysis* au regard des différents scénarios climatiques envisagés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Ils ont

ainsi étudié son développement en fonction de la température, de l'acidité de l'eau, des quantités de pluie, de l'irradiation... Les résultats montrent que dans tous les scénarios, *Dinophysis* connaîtra des efflorescences au moins jusqu'en 2100, même si leur ampleur reste difficile à prévoir.

Les scientifiques ont aussi calculé que *Dinophysis* est responsable de 68 % des arrêts de commercialisation enregistrés en Bretagne sud et dans les Pays de la Loire entre 2004 et 2018. Une statistique révélatrice de l'importance prise par ces microalgues toxiques. D'autres travaux, menés en collaboration avec l'Univer-

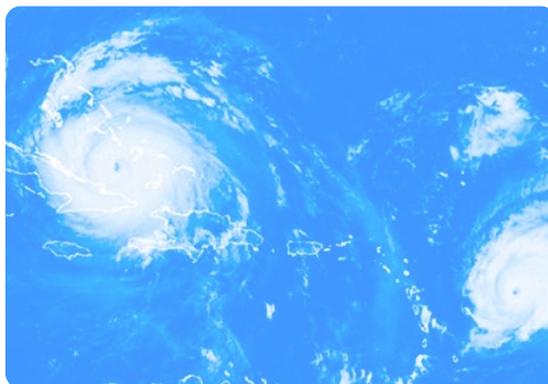
sité de Bretagne occidentale et le Virginia Institute of Marine Science (USA), ont également mis en évidence les impacts de *Dinophysis* non seulement sur les huîtres, mais aussi sur les branchies de certains poissons.

Coclime (Co-development of climate services for adaptation to changing marine ecosystems) Lancé en 2017 et piloté par le Marine Institute (Irlande), ce projet a rassemblé des chercheurs de 11 pays. Financé par plusieurs agences européennes de la recherche, dont l'ANR en France, il visait à analyser, à partir d'études de cas en Méditerranée et en Atlantique, l'impact du réchauffement climatique sur la santé et les activités humaines liées aux milieux marins.

Réponse de la salinité océanique de surface au passage des cyclones tropicaux

Avec la température, la salinité de la mer est un paramètre géophysique clé pour comprendre les mouvements océaniques. En exploitant 10 ans de données satellite, des scientifiques de l'Ifremer ont apporté un nouvel éclairage sur la variation de cette salinité au passage des cyclones.

En septembre 2017, une succession exceptionnelle de cyclones a frappé les Antilles.
Source : Météo France



La salinité et la température déterminent la densité de l'eau et jouent par conséquent, en interaction avec l'atmosphère, un rôle majeur dans la formation et le mouvement des masses d'eau océaniques. La circulation océanique globale est notamment liée à la salinité de surface de la mer, un paramètre fondamental que les scientifiques ont commencé à mesurer depuis l'espace dans les années 2010, grâce aux missions effectuées par les agences spatiales européenne et américaine. C'est en exploitant ces données satellitaires que des scientifiques du laboratoire d'Océanographie physique et spatiale de l'Ifremer (LOPS) ont pu estimer la réponse globale moyenne de la salinité de surface au passage des cyclones tropicaux.

Depuis longtemps, les scientifiques ont observé que les cyclones tropicaux modifient les propriétés de surface des océans, entraînant une diminution de la température et une augmentation de la salinité. Nos scientifiques ont réussi à caractériser statistiquement ce phénomène en montrant comment la réponse varie en fonction de la force et du temps de présence du cyclone, de la salinité préexistante des masses d'eau, et de la position par rapport au centre de la tempête.

Mieux comprendre la physique des cyclones et leurs interactions avec l'océan aidera à modéliser ces événements qui seront plus fréquents et intenses en raison du changement climatique.

Reul Nicolas, Chapron Bertrand, Grodsky Semyon A., Guimbard Sebastien, Kudryavtsev Vladimir, Foltz Gregory R., Balaguru Karthik (2021), «Satellite observations of the sea surface salinity response to tropical cyclones, *Geophysical Research Letters*», 48(1), e2020GL091478 (10p.). <https://doi.org/10.1029/2020GL091478>

Quand le climat fait des vagues en Arctique

Sous l'influence du changement climatique, la banquise fond et l'océan ainsi libéré génère des champs de vagues d'une intensité inhabituelle. Dans le cadre de la campagne Dark Edge, des scientifiques de l'Ifremer, dotés d'une panoplie d'instruments novateurs, sont partis analyser le phénomène.

Dans le nord de la baie de Baffin au Canada, les scientifiques mesurent les évolutions de la glace car le changement climatique fait fondre la banquise et augmente l'intensité des vagues.
Photo : P. Sutherland - Ifremer



Embarqués à bord du brise-glace canadien Amundsen pour la campagne océanographique Dark Edge, une quarantaine de scientifiques canadiens, américains norvégiens, allemands et français ont observé, au nord de la baie de Baffin, la formation de la glace sur le plan de la biologie, de la chimie et de la physique. Associée à des chercheurs de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), une équipe du laboratoire d'Océanographie physique et spatiale (LOPS) de l'Ifremer s'est plus particulièrement intéressée aux processus physiques à l'œuvre sur cette frontière mouvante entre glace et eau libre. Une mission qui s'inscrit dans le cadre du projet WAAXT (*Wave-modulated Arctic Air-sea eXchanges and Turbulence*), une bourse de recherche ERC attribuée par le

Conseil européen de la recherche.

Pour acquérir leurs données, les équipes ont utilisé certains instruments spécialement conçus pour l'environnement extrême de l'Arctique. Un catamaran à propulsion électrique, équipé par le service technique d'Observation *in situ* (TOIS) de l'Ifremer, a évalué les turbulences, la quantité de mouvement et les flux de chaleur dans les eaux en limite de banquise. Conçu pour naviguer à la frontière entre eau libre et glace, un canoë a aussi été expérimenté afin de déployer un réseau de bouées sur la glace et recueillir différentes données. Enfin, des drones (AUVs) ont permis de cartographier la couverture, la position, la morphologie, et le type de glace et de turbulence rencontrés.

Plusieurs processus ont

ainsi pu être passés au crible : la distribution spatiale et la variabilité de l'épaisseur de la glace, la hauteur, la puissance et les effets des vagues sur la banquise, la température de l'eau, la force du vent, les turbulences et courants observés. Ces données doivent encore être analysées, mais les premières observations témoignent des fortes interactions existant entre vagues et banquise, à des échelles spatiale et temporelle fines qui échappent à la plupart des simulations numériques.

À propos de la campagne Dark Edge
Partenaires Dark Edge: IRL Takuvik, Université de Laval à Québec, CNRS, LOPS, LOV, IBENS, LCQB, UQAR, U Memorial, Arctic University of Norway, NTNU, AWI
Financements : Amundsen Science, NSERC, ERC, ArcticNet, Sentinel North

Continuer de surveiller et comprendre le volcanisme sous-marin à Mayotte

Parallèlement aux opérations du réseau de surveillance sismique et volcanique de Mayotte (Revosima), la campagne scientifique Geoflamme et les plongées du submersible Victor 6000 ont livré aux chercheurs des données remarquables pour comprendre la formation, l'évolution et l'impact environnemental du volcan.

Premières images des coulées de lave du dernier volcan sous-marin français, apparu en 2019, à 3000 m de fond, au large de Mayotte. Photo: Revosima - Geoflamme 2021



Découvert en 2019 au large de l'île de Mayotte à plus de 3000 m de profondeur ce tout jeune volcan en activité reste au centre de l'attention. Il est en effet unique de pouvoir observer en temps réel un tel phénomène géologique.

Dans le prolongement de la vingtaine de missions de surveillance déjà effectuée par le réseau Revosima, la campagne Mayobs 19 a permis en 2021 de collecter par carottage différents échantillons de sédiments au large de l'île. Leurs propriétés physiques et mécaniques seront analysées afin d'évaluer la stabilité des flancs de Mayotte et

d'améliorer la modélisation du risque de tsunami.

Dans le même temps, la campagne scientifique Geoflamme dédiée à l'étude du volcan sous-marin a été menée sur le navire océanographique *Pourquoi Pas ?*. Durant 40 jours, 70 scientifiques ont exploré ce volcan haut de 820 m. Grâce au submersible téléopéré Victor 6000, des prélèvements et des images inédites ont été réalisés sur la totalité du volcan, à 2 m de sa surface. Ces données cruciales seront exploitées par les volcanologues travaillant sur la compréhension des coulées et la morphologie de

la lave. Les images ont également révélé les premières traces de la vie qui commence à coloniser certaines zones du volcan.

Geoflamme Coordonnée par l'Ifremer et l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), aux côtés du CNRS, du BRGM et de l'Université de Paris Saclay, la campagne s'est effectuée avec le concours de nombreux laboratoires et institutions. Réalisée en synergie avec le réseau Revosima, elle a été financée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation via la Flotte océanographique française avec le soutien de l'Ifremer et de l'école universitaire de recherche interdisciplinaire ISblue (Université de Bretagne occidentale).

Positionner rapidement et précisément les sismomètres de fond de mer

Testé avec succès par les équipes de l'Ifremer, le lest-cage améliore la précision et la vitesse de déploiement des sismomètres de fond de mer. Une avancée pour le suivi sismique du fond des océans.
Photo : Ifremer



L'unité de recherche Géosciences marines de l'Ifremer a mis au point le « Lest-Cage », un système capable de positionner plus rapidement et plus précisément les sismomètres de fond de mer employés pour des mesures passives.

L'étude des croûtes continentales et océaniques ou des volcans sous-marins repose sur la connaissance de la géométrie et de la nature des couches géologiques ce qui nécessite d'utiliser des outils de mesure géophysiques comme le sismomètre de fond de mer (*Ocean bottom seismometers*, OBS). Ces appareils sont habituellement déployés en chute libre ce qui a comme double inconvénient, un positionnement approximatif et un temps de descente relativement long. Acceptable pour des applications de sismique active, cette méthode s'avère très insatisfai-

sante dans le cas du suivi passif d'événements sismiques où le positionnement du sismomètre doit être connu et précis, faute de pouvoir le calculer *a posteriori* à partir des données collectées.

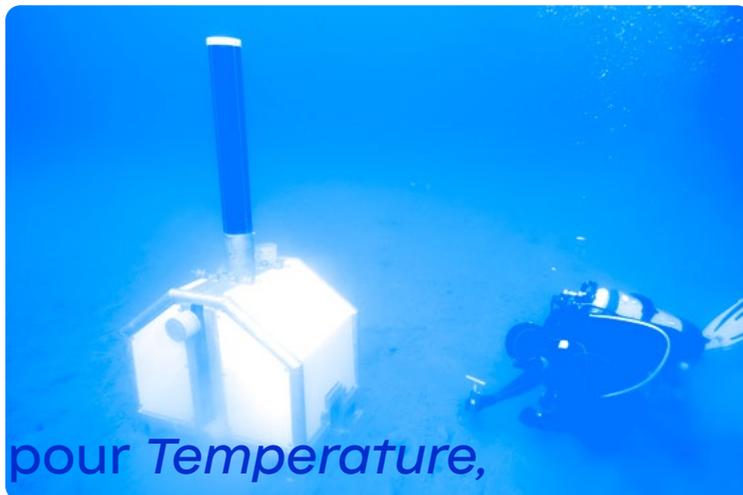
Confrontés à cette situation dans le cadre de la surveillance du volcan de Mayotte, les chercheurs de l'Ifremer ont conçu un équipement capable de résoudre ces problèmes. Le principe consiste à installer l'OBS dans une cage de 450 kg qui sert de lest et contrôle la localisation du colis en temps réel. Ce système permet ainsi d'ajuster la position du sismomètre au fur et à mesure de sa

descente et d'utiliser le treuil du navire à pleine vitesse : les gains de temps sont toujours bienvenus lors des campagnes.

Le Lest-Cage a été testé avec succès lors de la campagne Mayobs 18. Six lots de sismomètres ont été déposés à 1480 et 2135 m de profondeur en respectant scrupuleusement les consignes de positionnement transmises par les scientifiques. Ces résultats encouragent l'Ifremer à mettre en œuvre le système sur d'autres opérations de même nature.

Déploiement réussi de deux inclinomètres novateurs au large de Nice

Instruments inédits dans l'environnement marin, les tiges TIPS permettent de mesurer les glissements de terrain sous-marins pour une meilleure évaluation des risques d'instabilité.
Photo : Olivier Dugornay
-Ifremer



Les tiges TIPS, pour *Temperature, Inclination, Pressure Sensors*, mises au point dans le cadre du programme Modal et testées au large de Nice offrent de nouvelles possibilités pour mesurer les glissements de terrain sous-marins.

La mesure des mouvements du sol sur des pentes naturelles est essentielle lorsqu'il s'agit d'appréhender et éventuellement d'atténuer les phénomènes de glissement de terrain. Dans ce domaine, le milieu sous-marin était bien mal loti puisqu'aucun équipement ne permettait d'en réaliser.

Ce manque vient d'être comblé par le projet ANR Modal qui a mobilisé les équipes pluridisciplinaires de l'Ifremer dans le cadre de l'Institut Carnot MERS. Partant de tiges flexibles qui servent d'ordinaire à réaliser des sondages géotechniques, ingénieurs et techniciens ont élaboré des instruments capables de mesurer l'inclinaison des sédi-

ments sous-marins, leur pression interstitielle et leur température.

Deux prototypes bardés d'électronique (30 capteurs de pression, 45 accéléromètres et 75 capteurs de température) ont été assemblés à l'Ifremer, puis installés au large de l'aéroport de Nice dans une zone bien connue pour son instabilité. L'opération a été effectuée lors de la campagne Marolis par le navire océanographique *Pourquoi Pas ?* et le pénétromètre Penfeld, un appareil de mesure géotechnique employé pour enfoncer les tiges dans les sédiments. Les TIPS ont été raccordées au fond de la mer à l'observatoire EMSO Ligure Nice qui depuis les alimente en énergie et enregistre les mesures en temps réel.

Il s'agit d'une avancée notable dans l'étude des processus actifs pouvant conduire à des instabilités sous-marines. Elle ouvre de nouvelles perspectives pour caractériser ces aléas.

La paléogénétique pour retracer l'évolution des planctons et penser la résilience des écosystèmes

En étudiant l'ADN ancien contenu dans les sédiments des fonds marins, les scientifiques ont mis en évidence l'impact, sur le plancton, des pollutions issues de l'ère industrielle, notamment de l'agriculture intensive, qui sont susceptibles d'affecter en cascade tous les écosystèmes marins.

Quelle était la composition des espèces planctoniques dans la rade de Brest il y a 1400 ans ? A bord du *Thalia*, les chercheurs de l'Ifremer ont mené l'enquête.
Photo: O. Dugornay - Ifremer



Les organismes laissent une trace de leur ADN dans les couches sédimentaires qui composent les fonds marins. En réalisant des prélèvements par carottage et en analysant l'ADN contenu dans chaque couche, les scientifiques peuvent donc retracer l'évolution du plancton et évaluer ainsi la résilience des écosystèmes côtiers soumis aux impacts des activités humaines.

Cette étude de l'ADN ancien (paléogénétique) a été mise en œuvre dans la rade de Brest par les biologistes de l'Ifremer à bord du navire océanographique *Thalia*, une première en France dans un milieu marin.

Prélevées en trois points distincts, les carottes sédimentaires ont permis d'identifier le cocktail

d'espèces planctoniques présentes dans l'eau depuis environ 1400 ans. Leur analyse a montré que les évolutions les plus radicales remontaient à la Seconde Guerre mondiale et aux années 1980-1990, d'abord en raison des bombardements (métaux lourds), puis d'une pollution chronique issue notamment de l'agriculture intensive. L'étude a aussi révélé une augmentation de l'abondance de microalgues toxiques, notamment le dinoflagellé *Alexandrium minutum*, à partir des années 1980.

Publiés dans la revue *Current Biology*, ces résultats attestent de l'irréversibilité des changements qui ont affecté le plancton marin côtier, mais laissent ouverte la question de la capacité

de résilience de l'environnement suite à ce type de perturbations.

L'enjeu des microalgues toxiques pour les politiques publiques

Cette étude a été menée dans le cadre du projet Palmira (Paléocologie d'*Alexandrium Minutum* en rade de Brest) initié en 2017 à la demande de la Région Bretagne. L'enjeu initial était de savoir si les travaux effectués sur le nouveau polder du port de Brest risquaient de favoriser des efflorescences de la microalgue toxique *Alexandrium minutum*. Tout en répondant à cette question, les chercheurs ont démontré la faisabilité et l'apport de la paléogénétique pour l'étude des écosystèmes côtiers.

Bilan des contaminations chimiques en Méditerranée

L'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse et l'Ifremer dressent un bilan plutôt positif de leurs 20 ans de surveillance commune des côtes : 90 % des points suivis présentent des niveaux de contamination chimique en dessous des seuils réglementaires environnementaux. La vigilance reste toutefois de mise.

Les moules jouent un rôle précieux de sentinelle dans le dispositif de surveillance de la contamination chimique. Ici, une poche «témoin» est remontée à bord pour analyse lors de la campagne SuchiMed. Photo: O. Dugornay - Ifremer



Le littoral méditerranéen français compte parmi les mieux surveillés d'Europe. Pour cela, l'Ifremer, en partenariat avec l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, opère différents réseaux de surveillance en s'appuyant sur une centaine de stations qui couvrent l'ensemble de la côte. Ce dispositif a permis de dresser le bilan de 20 ans de collecte de données sur les pollutions chimiques et d'évaluer ainsi les résultats des actions entreprises à terre pour réduire les sources de contamination.

Si les indicateurs sont plutôt au vert, il reste toutefois des points de vigilance inhérents

à des pollutions persistantes ou nouvelles. Les abords des grandes métropoles et des sites industriels continuent de présenter des niveaux de contaminations élevés dans les sédiments (plomb, hydrocarbures, nickel...). De même, le mercure et le PCB restent très présents chez certains poissons.

Soucieux d'étendre leurs investigations, l'Ifremer et l'Agence de l'eau ont également récupéré de précieuses données via la campagne SuchiMed. Durant 50 jours, à bord de *l'Europe*, les scientifiques engagés dans cette opération ont traqué

dans les eaux côtières 65 contaminants grâce à des stations artificielles de moules placées sur 70 points en mer et 20 dans les lagunes.

Ce travail de prélèvement et d'analyse vise à repérer les contaminants émergents et à évaluer leur impact sur l'ensemble de la biodiversité. L'enjeu est notamment d'améliorer les protocoles de surveillance et de mieux cibler les actions à mener pour réduire les pollutions.

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 et soigner une population mondiale de bientôt 8 milliards d'habitants, et de produire de l'énergie et des matériaux.

Décoder la couleur des perles de l'huître de Polynésie

Rouges, jaunes ou vertes :
la magie des couleurs de l'huître de
Polynésie révélée grâce à la génétique
Photo: Chin-Long Ky - Ifremer



En décryptant les gènes à l'origine de la couleur des perles et en montrant qu'elle varie en fonction de la profondeur à laquelle les huîtres perlières sont cultivées, les scientifiques ont apporté à la filière perlicole de Polynésie française des connaissances précieuses.

L'huître perlière de Polynésie (*Pinctada margaritifera*) produit des perles dites noires, mais dont les teintes varient en réalité autour de trois couleurs principales : le rouge, le jaune et le vert. Maîtriser cette coloration est un enjeu majeur pour les éleveurs polynésiens qui doivent répondre aux demandes de leurs clients joailliers très sensibles à l'homogénéité des perles. Cette aspiration a conduit à initier le projet Ameligen pour mieux comprendre les facteurs génétiques et environnementaux impliqués dans les variations de la qualité des perles.

Pour cerner les processus biologiques à l'œuvre, les scientifiques ont commencé par effectuer une sélection génétique afin de disposer d'huîtres produisant une couleur de perle donnée. Ils ont ensuite réalisé le séquençage des tissus de ces huîtres pour identifier les gènes associés aux différentes couleurs de perle. Ils ont alors pu identifier les principaux pigments présents et les

voies moléculaires présidant à leur formation.

Une étude complémentaire a mis en évidence que les facteurs génétiques n'étaient pas les seuls responsables des variations de couleur. Des différences environnementales se répercutent sur l'expression des gènes de l'huître perlière, inhibant la synthèse de certains pigments. Ainsi, les individus élevés en profondeur (30 m) produisent des perles plus sombres que ceux de surface.

Dans l'optique d'une production de perles mieux contrôlée, l'exploitation de ces facteurs environnementaux permettrait de proposer des alternatives à l'utilisation d'une sélection génétique susceptible de fragiliser l'espèce face à certaines maladies ou à d'autres perturbations.

Ameligen (Amélioration génétique de l'huître perlière en Polynésie française).

Ce projet a été mené par l'unité Ressources marines en Polynésie

de l'Ifremer à Tahiti, en partenariat avec le centre de Recherches insulaires et Observatoire de l'Environnement (Criobe – CNRS, École pratique des hautes études, Université de Perpignan Via Domitia) et des acteurs privés (D. Devaux, SCA Regahiga, Mangareva, Archipel des Gambier). Il a été co-financé par la Direction des ressources marines de la Polynésie française.

Pierre-Louis Stenger, Chin-Long Ky, Céline Reisser, Julien Duboisset, Hamadou Dicko, Patrick Durand, Laure Quintric, Serge Planes and Jeremie Vidal-Dupiol : "Molecular pathways and pigments underlying the colors of the pearl oyster *Pinctada margaritifera* var. *cumingii* (Linnaeus 1758)", revue du groupe MDPI, 15 mars 2021 ; "Environmentally driven color variation in the pearl oyster *Pinctada margaritifera* var. *cumingii* (Linnaeus, 1758) is associated with differential methylation of CpGs in pigment- and biomineralization-related genes", revue Frontiers in Genetics, 19 mars 2021.

Comment température et génétique influent sur le sexe des bars

Sous l'effet d'une augmentation de la température de l'eau, un jeune bar femelle peut devenir mâle. Cette masculinisation a été étudiée par des scientifiques de l'Ifremer qui ont expliqué les mécanismes génétiques en jeu.

Mâle ou femelle, le sexe peut fluctuer chez le bar... C'est le résultat d'une étude menée dans les bassins de l'Ifremer sur plus de 2000 individus.
Photo : Ifremer



À la différence d'autres animaux, les poissons peuvent changer de sexe lors des premiers stades de leur vie. Une hausse de température, une eau plus acide ou une densification de la population sont des facteurs environnementaux capables de déclencher cette évolution. Des températures élevées entraînent ainsi une masculinisation accrue chez le bar. Une transformation connue, mais dont on cernait mal les mécanismes.

Dans les bassins de l'Ifremer à Palavas-les-Flots, les scientifiques ont donc mené une expérience sur une population comprenant plus de 2000 bars. Ils ont effectué un suivi physiologique individuel de ces poissons, une première à cette échelle. Ils ont ainsi découvert que 25 % d'entre eux avaient une orientation génétique femelle plus faible qui les prédispose à se masculiniser en cas d'augmentation de la température. Le gène clé de ce processus a été isolé. D'autres

expérimentations ont montré au contraire que la domestication des individus et une faible densité d'élevage favorisaient l'apparition de femelles. Une bonne nouvelle pour les éleveurs qui les apprécient particulièrement en raison de leur taux de croissance plus rapide.

Ces résultats ont été publiés dans la revue *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*. Les scientifiques poursuivent actuellement leurs investigations dans le cadre du projet Warmfish afin d'évaluer le comportement des bars en milieu naturel sous l'effet du réchauffement climatique.

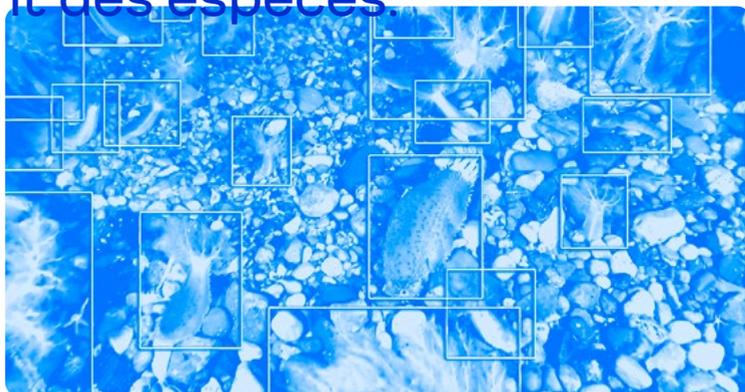
Projet 3S (Seabass, sex and stress)

Ces expérimentations ont été menées dans le cadre du projet 3S porté par l'Ifremer en partenariat avec le Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (Syaaf) et le soutien du Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (Feamp).

Évaluation vidéo de la biomasse des concombres de mer à Saint-Pierre-et-Miquelon

Devant l'engouement croissant pour les concombres de mer, la direction de la pêche de Saint-Pierre-et-Miquelon fait appel à l'expertise de l'Ifremer pour évaluer précisément l'état des populations. L'occasion de vérifier l'efficacité des nouvelles technologies vidéo appliquées au recensement des espèces.

L'intelligence artificielle, une technologie moins intrusive utilisée à Saint-Pierre-et-Miquelon pour évaluer l'abondance des holothuries.
Photo: Ifremer



L'holothurie ou concombre de mer *Cucumaria frondosa* est récemment devenue une espèce emblématique des pêches à Saint-Pierre-et-Miquelon. Afin de préserver cette ressource, les autorités locales ont sollicité l'Ifremer pour procéder à une évaluation plus approfondie et régulière des populations présentes dans la zone économique exclusive française.

Plutôt que de recourir aux méthodes traditionnelles de recensement, consistant à pêcher les espèces au fond puis à dénombrer, trier et peser celles qui sont capturées par le filet, les chercheurs ont mis en œuvre des technologies et procédés d'imagerie sous-marine récents et

moins intrusifs. À bord du *Marcel Angie 3*, une drague à concombre professionnelle instrumentée pour l'occasion par l'Ifremer, les scientifiques ont parcouru les zones de pêche à l'holothurie pendant une quinzaine de jours. Ils ont rapporté plus de 80 enregistrements vidéo, couvrant environ 34 km de fonds marins.

Les scientifiques présents ont apprécié l'apport de ce procédé vidéo, déjà employé avec succès lors du projet GameOf-Trawl et des campagnes de type LangolfTV pour l'évaluation des stocks de langoustines en Europe de l'Ouest. Ils ont notamment pu observer de nombreux juvéniles de concombre, qui échappent d'ordinaire aux évaluations par

chalutage. Les résultats, en cours d'analyse, sont très attendus par les autorités locales et l'ensemble de la filière. Ils aideront à émettre un avis de gestion préalable à la pêche le plus rapidement possible, dès la fin de la campagne d'estimation du printemps 2022.

La mission a connu sur place un vif succès médiatique :
<https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/une>
<https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/saint-pierre-spm/concombres-de-mer-l-ifremer-satisfaite-de-sa-mission-d-exploration-1015393.html>

Microalgues toxiques dans les eaux de baignade du Pays Basque

Ostreopsis ovata, une microalgue toxique identifiée pour la première fois sur la côte basque par les équipes de l'Ifremer.



Le 2 août 2021, suite à plusieurs signalements de troubles ORL, céphalées et vomissements parmi les usagers des plages de la région, les collectivités et services de l'Etat ont fait appel à l'Ifremer. Le coupable a vite été démasqué, une microalgue toxique, dont la présence sur les côtes atlantiques françaises est une nouveauté.

L'Ifremer a été alerté au début du mois d'août par la communauté d'agglomération du Pays Basque (CAPB), le centre antipoison de Bordeaux et l'agence régionale de santé de Nouvelle-Aquitaine (ARS). Sa première action a été de faire intervenir les équipes du laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon (LERAR) pour réaliser des prélèvements dans les eaux de baignades. Ceux-ci ont confirmé sans appel la présence de fortes concentrations d'*Ostreopsis*, une microalgue toxique jusque-là cantonnée aux côtes portugaises.

L'Ifremer a ensuite contribué à la mise en place d'un important dispositif de surveillance,

en formant notamment des agents du CAPB et de l'ARS au prélèvement et à l'identification de cette microalgue. L'Institut a aussi apporté son expertise dans le cadre du Centre opérationnel de régulation et de réponses aux urgences sanitaires et sociales (Corruss) mis en place pour gérer cette crise. L'Ifremer a en outre mobilisé son laboratoire Phycotoxines (Nantes), pour mettre en culture et déterminer le profil toxinique de la microalgue, et son laboratoire Environnement Ressources de Bretagne occidentale (Concarneau), pour procéder à l'identification moléculaire de l'espèce. Les résultats ont confirmé qu'il s'agissait de deux

espèces d'*Ostreopsis* (*O. siamensis* et *O. ovata*).

Face à cette menace, les élus du CAPB ont demandé le lancement en urgence d'un projet de recherche destiné à faire progresser les méthodes de détection et d'investigation, à inventorier les espèces présentes sur le littoral basque et à mieux appréhender les différents impacts de ces toxines. Les équipes de l'Ifremer ont répondu présents et contribueront à un programme de recherche aux cotés du groupement d'intérêt scientifique (GIS) littoral basque.

Extraction en mer: comment le milieu marin panse ses plaies ?

Un carottier multitube, utilisé pour la première fois sur un navire côtier, est plongé sur le site du Pilier en Loire Atlantique pour réaliser des prélèvements sédimentaires et évaluer la résilience du milieu marin après 30 ans d'exploitation.
Photo: Ifremer



Avec la campagne Resiste, l'Ifremer étudie la résilience d'une ancienne zone d'extraction de sable et de gravier marin sur le temps long. Situé au large de l'estuaire de la Loire, le site du Pilier, marqué par 30 années d'exploitation, constitue à ce sujet un véritable cas d'école.

Essentiels pour le secteur de la construction, les granulats (sables et graviers) sont parmi les ressources les plus exploitées après l'eau. Leur extraction est pourtant loin d'être sans conséquence pour les milieux naturels, notamment les fonds sous-marins desquels ils sont extraits. Création de dépressions, changement de la typologie sédimentaire, destruction de la faune et des habitats figurent parmi les impacts les plus marquants qui peuvent à leur tour se répercuter sur les ressources halieutiques, voire sur la dynamique des courants.

Si ces impacts sont bien connus, les scientifiques ignorent par contre quelle est la résilience

des écosystèmes touchés, une fois l'activité industrielle arrêtée. À quelle vitesse un site peut-il cicatrifier et de quelle manière? Telles sont les principales questions auxquelles Resiste s'efforce de répondre.

L'une des particularités de ce projet de recherche est d'effectuer un suivi sur une longue période de temps (près de 10 ans). Une autre tient à son équipe scientifique multidisciplinaire composée de géologues, de physiciens, de spécialistes des ressources halieutiques et d'experts de la macrofaune associée aux fonds marins (benthologues) issus de plusieurs laboratoires de l'Ifremer. Ce large éventail de compétences permet d'étudier

l'ensemble des dynamiques de résilience à l'œuvre sur le site du Pilier, désaffecté depuis 2017. L'ambition de ces recherches est de mieux comprendre la résilience des sites d'extraction dans la perspective de rendre cette activité moins traumatisante pour l'environnement.

Lancées en 2020, les premières campagnes de relevés et de prélèvements commencent à porter leurs fruits. Les chercheurs ont pu mesurer le fort envasement de certaines zones et observer la recolonisation du site par des mollusques bivalves et des annélides (vers).

Réduire la consommation des navires grâce à des « nageoires de baleine »

La start-up Blue Fins et l'Ifremer inventent une aile portante qui utilise la houle pour aider à la propulsion des navires. Une solution capable de réduire de 20 à 30 % la consommation énergétique des géants des mers.

Une « nageoire » pour diminuer l'empreinte carbone des bateaux : le système houlomoteur mis au point par la start-up Blue Fins et l'Ifremer testé dans les bassins du Centre Bretagne de l'Ifremer
Photo : O. Dugornay - Ifremer.



Méthaniers, pétroliers, porte-conteneurs et navires de croisière dont le tonnage n'a cessé de croître au fil des décennies sont aujourd'hui de gros consommateurs d'énergie fossile. Alors que la réduction des émissions de gaz à effet de serre devient une priorité et que la réglementation concernant le transport maritime se durcit, le secteur cherche des solutions pour diminuer son empreinte carbone et donc sa consommation de carburant.

C'est l'enjeu que la start-up Blue Fins et l'Ifremer ont relevé en mettant au point un hydrofoile adapté aux navires de grande taille. Pour aider à la propulsion, cette aile d'avion immergée, placée à l'arrière du bâtiment sur un

bras articulé, exploite deux phénomènes physiques. Elle soutient le navire, réduisant ainsi les frottements de la coque sur l'eau. Et elle utilise les mouvements de la houle pour avancer, comme le font les baleines avec leurs queues. Le résultat est une économie de carburant pouvant atteindre 30 %. Le système offre en outre l'avantage d'être cumulable avec d'autres solutions (ailes de kite, voiles sur le pont) qui commencent à être expérimentées sur certains bâtiments.

Cette innovation, désormais brevetée par l'Ifremer, est emblématique de l'accompagnement que l'Institut peut procurer aux porteurs de projets. Olivier Giusti, architecte naval à la tête de Blue

Fins, s'est présenté avec une idée éprouvée sur modèle numérique. Il a alors bénéficié d'un contrat de 18 mois, du soutien du laboratoire Comportement des Structures en mer (membre de Institut Carnot MERS) et de la Direction de l'innovation (incubateur Emergys) pour faire mûrir son projet de création d'entreprise et orienter son produit vers un marché pertinent. L'aventure se poursuit avec le soutien du Citeph (Concertation pour l'innovation technologique dans les domaines des énergies). L'objectif est de tester un prototype sur un navire de commerce à l'horizon 2023.

Lancement d'Octo'pousse, le concours d'innovation de l'Ifremer

Visant à accélérer la création de start-ups dans le domaine maritime, le concours Octo'pousse, initié par l'Ifremer, a réussi son lancement. Parmi les 40 dossiers déposés, deux ont retenu l'attention du jury. Le premier propose un appareillage pour se parler lors des plongées et le second consiste à utiliser des micro-organismes des abysses pour produire de l'hydrogène.

Principes du concours Octo'pousse

Fort de la diversité et de la qualité des projets reçus en 2021, l'Ifremer a programmé la deuxième édition du concours pour le début de l'année 2022. Octo'pousse va ainsi continuer à déployer ses tentacules pour attirer les bonnes idées au service de l'économie bleue.

Agiles, créatives et capables de prendre des risques, les start-ups sont incontournables pour développer des innovations de rupture. C'est dans ce sens qu'a été lancé le concours d'innovation Octo'pousse par l'Ifremer. Son but est d'identifier et d'accompagner des projets qui ambitionnent de relever les défis auxquels notre société et l'océan sont confrontés.

Ouvert à tous les porteurs d'idées innovantes, le concours Octo'pousse propose des moyens (financiers, techniques, humains) pour aider à structurer un projet et créer une start-up dans des conditions optimales.

Les lauréats bénéficient :

- d'un contrat de travail de 18 mois sur le site Ifremer le plus pertinent pour le projet;
- d'un financement de 60 k€ pour faciliter la mise en œuvre du projet;
- d'un accès aux moyens d'essais, accès à la mer, laboratoires, etc. de l'Ifremer;
- et d'une collaboration avec une équipe de recherche de l'Ifremer!

L'initiative a reçu le soutien du Ministère de la Mer

Le jury d'Octo'pousse a distingué le projet Grhyn, porté par Jordan Hartunians, qui explore des solutions, venues du fin fond des abysses, pour produire de l'hydrogène vert.
Photo : Ifremer



Gabriel Guerche, l'un des lauréats du concours Octo'pousse, teste *le Talky Divy*, un talkie-walkie sous-marin destiné à faciliter la communication entre plongeurs.
Photo : Ifremer



Se parler naturellement lors des plongées sous-marines avec le Talky-Divy

C'est l'objectif du prototype développé par les frères Jonas et Gabriel Guerche, créateurs de la start-up 52 Hertz, dont le nom s'inspire de la fréquence émise par le chant d'une baleine particulière. Ce projet s'inscrit dans la continuité des études menées par l'Ifremer sur les échanges entre le fond et la surface. Pour le grand public, le Talky-Divy pourrait révolutionner l'expérience de la plongée et l'approche du monde sous-marin.

Quelle est votre formation ?

Gabriel Guerche (GG), 24 ans : Après une licence de physique à Sorbonne Université, j'ai commencé un master d'énergie nucléaire à l'université Paris-Saclay.

Jonas Guerche (JG), 29 ans : j'ai fait des études en physique fondamentale, management de l'innovation et ingénierie en énergies renouvelables.

Comment vous est venue l'idée de créer cet appareil de communication ?

GG : Nous pratiquons tous les deux la plongée dans une association universitaire et nous nous demandions pourquoi, dans un monde ultra connecté comme le nôtre, nous étions contraints de nous limiter à un panel d'une vingtaine de signes pour communiquer sous l'eau. De là est né le projet 52 Hertz.

JG : Notre objectif est de créer un appareil de communication sous-marine naturelle, le *Talky-Divy* adapté à l'équipement usuel du plongeur.

Quel est le principe du Talky-Divy ?

GG : Aujourd'hui 95 % des plongées se font et s'apprennent avec un équipement composé d'une bouteille, d'un gilet stabilisateur, d'un masque et d'un détendeur pour réguler la rentrée d'oxygène. Dans ce détendeur, il y a un embout. C'est sur lui que vient se fixer notre technologie.

Le principe est d'utiliser la conduction osseuse pour transmettre le son par vibration, sans avoir besoin de passer par l'oreille. Une simple pression des dents sur l'embout du détendeur équipé de notre système permet d'émettre et de recevoir des sons.

Quelle aide espérez-vous de l'Ifremer ?

JG : Aujourd'hui, notre prototype est fonctionnel, mais pas totalement opérationnel. C'est pour ça que nous avons postulé au concours Octo'pousse. L'Ifremer est l'un des instituts marins les plus réputés en France et à l'international, notamment pour ses équipes pluridisciplinaires. Nous espérons que ses compétences en acoustique sous-marine et en électronique vont grandement nous aider à développer notre prototype.

Grhyn : produire de l'hydrogène grâce aux micro-organismes des grands fonds.

Qu'il s'agisse de production d'électricité, de transport lourd ou de sidérurgie, l'hydrogène apparaît aujourd'hui comme un élément clé des stratégies de décarbonation de l'économie.

Malheureusement, l'essentiel de sa fabrication repose encore sur des procédés fortement émetteurs de CO₂.

Le projet Grhyn propose une alternative en misant sur la capacité de certaines archées, des micro-organismes vivant dans les grands fonds, à produire de l'hydrogène avec une empreinte carbone très réduite. Ce projet se trouve à la croisée de deux grands objectifs du plan « France 2030 » : l'hydrogène vert et l'exploration des grands fonds marins.

Pouvez-vous vous présenter ?

Je suis Jordan Hartunians, 29 ans, docteur en microbiologie. J'ai effectué mon doctorat au sein du laboratoire de Microbiologie des Environnements extrêmes de l'Ifremer, en travaillant sur le métabolisme des micro-organismes associés aux environnements sous-marins profonds.

Qu'est-ce qui a motivé la création de Grhyn ?

La volonté de lutter contre le dérèglement climatique dont l'une des principales causes est nos émissions de CO₂. Pour les réduire, il existe une solution, utiliser l'hydrogène. Mais pour que cela ait du sens, il faut réussir à produire de l'hydrogène vert, bas carbone.

Mon travail de recherche m'a permis de comprendre que l'océan nous propose une solution. Il existe des micro-organismes marins qui ont la capacité naturelle de produire de l'hydrogène.

L'idée de Grhyn est de pouvoir exploiter ces micro-organismes bien particuliers.

Comment comptez-vous produire de l'hydrogène en grande quantité grâce à ces micro-organismes ?

Avec Grhyn, nous visons à développer une solution industrielle de production d'hydrogène à la fois rentable, zéro CO₂, et même basée sur la reconversion de certains de nos déchets agricoles ou industriels. Il s'agit de créer des sortes de brasseries à hydrogène équipées de cuves de culture de micro-organismes qui pourraient atteindre plusieurs milliers de litres.

Qu'est-ce que va vous apporter Octo'pousse ?

Le projet s'appuie pour l'instant sur des approches théoriques. Cette collaboration avec l'Ifremer va donc me permettre de bénéficier d'une expertise de pointe sur la culture et la physiologie des micro-organismes marins, et sur la chimie et la thermodynamique des processus que l'on souhaite développer.

Je vais pouvoir collaborer avec deux laboratoires de l'Ifremer spécialisés en biologie et en chimie des grands fonds marins, et avoir accès à des bioréacteurs adaptés à mes besoins. C'est une opportunité exceptionnelle pour concrétiser mon projet et aussi faciliter la création de mon entreprise.

Expérimentation en mer d'un prototype de digue houlomotrice Dikwe

Site expérimental associé à l'Institut Carnot MERS, la station d'essais de Sainte-Anne-du-Portzic (Plouzané) a été mobilisée pour tester le prototype de digue à énergie positive conçu par la société Geps Techno et le groupe Legendre.

Installation de la structure destinée à accueillir le prototype de la digue à énergie positive Dikwe.
Photo: S. Lesbats - Ifremer.



Houle et marée sont des sources d'énergie que les humains s'emploient depuis longtemps à capter. L'intérêt pour ces énergies marines renouvelables s'est toutefois notablement accru ces dernières années avec la montée en puissance des objectifs de décarbonation de la production d'électricité. C'est dans cet esprit que Geps Techno, société spécialisée dans ce type d'innovation, et le groupe Legendre, acteur important des secteurs de la construction et de l'énergie, ont développé une digue à énergie positive qui apparaît comme une solution mixte à fort potentiel.

Son principe consiste à combiner une digue, ouvrage de

protection que l'élévation des océans risque de rendre de plus en plus nécessaire, à une installation de captation de l'énergie des vagues (concept Dikwe). Cette installation se présente sous la forme d'un large tunnel constitué de modules (4 m de haut, 4 m de large et 6 m de profondeur) équipés d'un volet oscillant sous l'effet des vagues auquel est associé un système de récupération d'énergie mécanique.

D'abord testé dans les bassins d'essais de l'Ifremer, le prototype a ensuite été installé sur le site expérimental en mer de Sainte-Anne-du-Portzic qui dispose d'une importante instrumentation marine et météo-

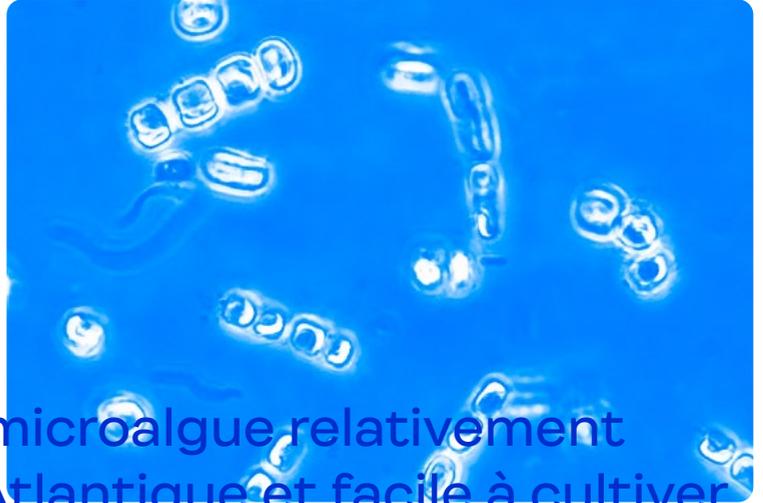
rologique. Il s'agit d'une étape essentielle pour vérifier son comportement au plus proche des conditions réelles de vent, de courant et de houle.

C'est avec l'ambition de soutenir ce type de recherches et de développements que l'Ifremer a développé le site de Sainte-Anne-du-Portzic en rade de Brest. Ce centre expérimental fait partie de l'infrastructure de recherche Theorem, partagée avec l'École centrale de Nantes et l'Université Gustave Eiffel. Il est aussi associé à l'Institut Carnot MERS créé en 2020.



Un nouvel extrait naturel de microalgue breveté contre l'acné

La microalgue *skeletonema* révèle ses vertus contre l'acné.
Photo : R. Kaas - Ifremer



À partir d'une microalgue relativement commune en Atlantique et facile à cultiver en laboratoire, les scientifiques ont produit une solution capable de combattre les bactéries responsables des formes légères d'acné.

Associant leurs compétences, l'Ifremer, La Rochelle Université, le CNRS, l'Université de Limoges et le CHU de Nantes ont déposé ensemble un brevet portant sur la création d'une composition dermatologique active sur les bactéries de la peau, dont celles à l'origine de l'acné. Le principe consiste à utiliser un extrait naturel de microalgue de l'espèce *Skeletonema marinoi* afin de créer une solution qui peut ensuite être intégrée à une crème ou un gel. Appliquée sur la peau, cette composition doit être exposée à la lumière pour que les molécules s'activent, libérant de l'énergie et créant d'autres molécules qui

s'attaquent à leur tour aux bactéries responsables de l'acné.

L'efficacité du composé a été testée *in vitro* sur trois espèces de bactéries responsables de formes plus ou moins sévères d'acné. Les résultats attestent de sa capacité à traiter les formes légères. Le composé évite ainsi d'aboutir à des formes plus sévères et constitue une alternative à l'utilisation d'antibiotiques ou de rétinoïdes. Ces résultats prometteurs doivent encore être confirmés par des études cliniques, préalable au développement d'un produit commercial avec des industriels.

Le projet de maturation Phasma

Cette opération s'inscrit dans la stratégie de l'Ifremer initiée en 2018 en faveur du développement de l'économie bleue via l'innovation (Inocéan) et plus particulièrement du projet de maturation Phasma orienté vers les biotechnologies pour la santé et les cosmétiques. L'idée est de sélectionner des travaux susceptibles de capter un marché au bout de 18 ou 24 mois. Le projet Phasma a émergé suite au projet Phenomer (2008-2012) soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

L'aboutissement du projet DynAlgue sur la microalgue *Tisochrysis lutea*

Les chercheurs de l'Ifremer, Gregory Carrier et Aurélie Charrier travaillent à la culture de microalgues sur un banc de phénotypage. Ce dispositif de physiologie expérimentale est développé par le laboratoire de physiologie et biotechnologie des algues, basé sur le centre Ifremer Atlantique à Nantes.
Photo : O. Dugornay - Ifremer



Le généticien Gregory Carrier a commencé à travailler sur le milieu marin en 2011 en intégrant le laboratoire de Physiologie et Biotechnologie des Algues de l'Ifremer. La mise en œuvre d'une approche génétique, notamment dans le cadre du projet DynAlgue, a contribué à faire de ce laboratoire un pionnier en matière d'amélioration des microalgues.

Quel est l'apport de la génétique à la sélection des microalgues ?

Depuis très longtemps, nous pratiquons la domestication pour obtenir le meilleur profil des organismes que nous utilisons ou dont nous nous nourrissons. Dans ce domaine, la génétique constitue une révolution, car elle nous donne les moyens d'être beaucoup plus précis, moins empiriques dans notre démarche de sélection.

Quand j'ai commencé à travailler sur ce sujet, les microalgues qui étaient exploitées dans l'industrie provenaient toutes directement du milieu naturel. Il y avait donc un important potentiel de développement et un vif intérêt à initier des recherches sur la domestication et sur la mise en place de sélections assistées par génétique. Le laboratoire a ainsi travaillé à l'amélioration de microalgues pour l'aquaculture, la production de biocarburants, la pharmacologie, la cosmétique.

En 2017, cela nous a finalement conduits à lancer le projet DynAlgae qui a reçu le soutien financier de l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre d'un projet Jeune Chercheur Jeune Chercheuse Il s'achève en 2022.

Quelles étaient les ambitions du projet DynAlgae ?

On estime que le phytoplancton se compose de plus d'un million et demi de gènes et nous ne connaissons que partiellement 25 % d'entre eux. Il reste donc beaucoup à faire au niveau génétique. Le premier intérêt du projet était donc de décrypter une partie des gènes de cette espèce de microalgue pour identifier et comprendre ceux impliqués dans la production de molécules d'intérêts. Nous nous intéressons particulièrement aux acides gras oméga 3, aux caroténoïdes et aux molécules antioxydantes. Ensuite, le but était d'exploiter les liens identifiés entre la génétique et les phénotypes (traits observables d'un organisme) afin de développer des marqueurs génétiques de sélection. Ces méthodes de sélection sont déjà utilisées dans l'agriculture avec succès, mais c'est une première de le mettre en place chez les microalgues.

Pourquoi avoir choisi cette microalgue en particulier ?

L'espèce *Tisochrysis lutea* offre l'avantage d'être très facile à cultiver et riche en molécules antioxydantes. De plus, elle est historiquement étudiée par le laboratoire, car utilisée en aquaculture pour nourrir les larves d'huîtres et de crevettes. Dans l'environnement, elle est présente partout sur la planète, sans être forcément très abondante.

Avez-vous développé des méthodes ou des instruments particuliers pour cette recherche ?

Oui, nous avons mis au point et breveté un banc de phénotypage spécifique. Nous avons besoin de faire beaucoup de cultures dans des conditions répétitives et contrôlées. Il a donc fallu développer un outil adapté dont nous nous servons aujourd'hui pour d'autres recherches.

À quels résultats et applications avez-vous finalement abouti ?

Nous avons atteint notre objectif en décryptant une partie des gènes définissant des marqueurs génétiques associés à la production de molécules antioxydantes. Le résultat final est en cours de publication.

Et nous avons effectivement identifié des molécules d'intérêt, dotées de propriétés antioxydantes remarquables qui pourraient être utiles en cosmétologie et dans le domaine de la santé. Leur valorisation est à l'étude.

Sur quels sujets allez-vous travailler maintenant ?

Le laboratoire s'oriente vers l'étude des microalgues toxiques dont les efflorescences provoquent d'importants problèmes sanitaires. Du point de vue génétique tout reste à faire ou presque. Je vais donc étudier la génétique de ces algues toxiques pour mieux les comprendre et anticiper leur réaction en fonction des conditions environnementales dans lesquelles elles évoluent.

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 sur l'océan et permettre leur transformation en services pour les citoyens, les entreprises et les pouvoirs publics est désormais indispensable pour partager les connaissances sur l'océan, comme pour favoriser une croissance économique respectueuse du milieu marin. Cette masse de données est aussi à la base des modélisations qui permettent de tester des hypothèses, de remonter dans le passé ou de se projeter dans le futur.

Trois nouveaux équipements dédiés aux sciences océaniques

Flotteurs Argo ultra-performants, observatoire de fond de mer au large de Mayotte, capteurs innovants pour les engins profonds, trois projets prioritaires de l'Ifremer ont été retenus par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Préparation d'un flotteur Deep-Argo avant son déploiement au cours de la campagne RREX2017 en Atlantique Nord. Photo : Kevin Balem / RREX2017 / Ifremer



L'appel à manifestation d'intérêt ESR/EquipEx+ vise à doter la recherche française de nouveaux équipements scientifiques structurants. Parmi les 135 dossiers déposés, 50 projets ont finalement été retenus dont les trois que l'Ifremer avait présentés et qui vont ainsi bénéficier d'un financement dédié. Chacun d'eux implique plusieurs équipes de l'Ifremer et des collaborations avec des partenaires nationaux et internationaux.

Le premier s'inscrit dans le cadre du programme international Argo2030. Grâce à 4 000 flotteurs autonomes répartis dans tous les océans du globe, Argo est devenu un réseau essentiel qui mesure en continu la température et la salinité des eaux jusqu'à 2 000 m de profondeur. En proposant de nouveaux flot-

teurs dotés de capteurs environnementaux supplémentaires (BGC-ECO) et d'autres, capables de plonger à 6 000 m de fond (Deep-6000), l'Ifremer va procurer à Argo des capacités d'investigation inédites.

Le second projet, Marmor, consiste à installer un observatoire de fond de mer à Mayotte afin d'accroître la surveillance géophysique des fonds marins. La communauté scientifique française (14 acteurs sont impliqués) disposera ainsi d'un équipement performant pour mieux comprendre en temps réel la déformation de la terre, la sismicité, les tsunamis, le volcanisme et plusieurs mécanismes environnementaux clés concernant les domaines océaniques et côtiers.

Deep Sea'nnovation, le troisième projet, se concentrera sur

l'amélioration des engins d'intervention profonde. Plus particulièrement, il complètera les efforts déjà initiés par la très grande infrastructure de recherche (TGIR) Flotte océanographique française pour déployer sur les robots sous-marins téléopérés (ROV et AUV) des capteurs ou outils de prélèvements toujours plus performants.

L'Ifremer est en outre partenaire (sur son volet océanique) du projet Gaïa Data déposé par le CNRS et lui aussi retenu par l'ANR. Il doit permettre à toute la communauté scientifique ainsi qu'aux acteurs publics et socio-économiques d'accéder, via des portails dédiés, à différents types de données (satellitaires, aéroportées, sol, in-situ, issues de modèles...).

Extension des moyens d'essais du bassin à houle et courant de Boulogne-sur-Mer

Déjà très performant dans l'étude des interactions houle-courant-structure dans des conditions environnementales complexes, le bassin de Boulogne-sur-Mer a bénéficié de nouveaux investissements qui améliorent encore ses fonctionnalités d'essais et ses capacités de mesures.

Installation d'essais unique en Europe, le bassin à houle et courant de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer s'est doté d'un nouveau système de vélocimétrie laser trois composantes. Objectif : mieux quantifier les phénomènes de turbulence en amont ou dans le sillage des dispositifs testés.
Photo : G. Germain - Ifremer



Le bassin à houle et courant de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer est une installation d'essais aux caractéristiques uniques en Europe. Ses moyens expérimentaux et numériques complémentaires en font un centre d'expertise et d'essais reconnu en hydrodynamique qui accueille de nombreux travaux de recherche et développement.

Grâce au projet Marco (2014-2020), issu du contrat de Plan entre l'État et la Région Hauts-de-France, le bassin d'essais s'est enrichi de deux nouveaux équipements. L'ancien tapis roulant qui datait des années 1990 a ainsi été remplacé par un faux plancher modulaire capable d'abriter de l'instrumentation en paroi et d'offrir des points d'ancrage réglables.

Ce dispositif intègre un plateau tournant qui donne la possibilité de changer l'orientation des maquettes en cours d'essais.

Le bassin a également été équipé d'un nouveau système de vélocimétrie laser trois composantes, développé spécifiquement pour mieux quantifier les phénomènes de turbulence en amont ou dans le sillage des dispositifs testés. Cet outil de mesure est muni d'un système de positionnement automatisé de grande précision et a été conçu pour limiter au maximum les vibrations de la sonde pendant les mesures.

Ces modernisations permettent au laboratoire de rester au meilleur niveau dans les études hydrodynamiques concernant notamment les engins de fonds,

les structures en mer et les systèmes de récupération d'énergie des courants.

Mise en œuvre du réseau *One Ocean Network for Deep Observation*

L'ambition de *One Ocean Network for Deep Observation* est de réaliser la mise en réseau des observatoires et technologies de surveillance déjà déployés dans l'océan mondial. Ici, *Tempo*, un des modules de surveillance développé à l'Ifremer et dédié au suivi en temps réel des écosystèmes sous-marins, intégrant caméra HD et capteurs physicochimiques.
Photo: Ifremer / Ocean Neptune Canada



Labellisé par la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable, ce programme partenarial piloté par l'Ifremer offre une remarquable opportunité de mutualiser les efforts internationaux d'exploration des profondeurs et de participer à l'instauration d'une approche plus durable de l'océan.

Inaugurée en février 2021, la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable a pour principal objectif de sensibiliser et de mobiliser les esprits autour des immenses défis et opportunités qu'offre l'océan. Elle entend mettre la science au service des pays afin de les aider à progresser sur l'Objectif de développement durable n°14 qui a pour ambition de rendre l'océan plus sain, mieux partagé et protégé. La Décennie de l'Océan s'adresse aux scientifiques, gouvernements et entreprises afin d'élaborer des partenariats mondiaux.

Parmi les premières actions initiées, quatre grands programmes sur l'exploration des profondeurs ont été approuvés. L'Ifremer pilote l'un d'entre eux,

One Ocean Network for Deep Observation en partenariat avec d'autres acteurs scientifiques internationaux : Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), European Multidisciplinary Seafloor and Water Column Observatory (EMSO-ERIC), Ocean Network Canada (ONC).

Le constat à l'origine de ce programme est que 80 % des fonds marins ne sont aujourd'hui ni cartographiés ni explorés alors qu'ils recèlent des secrets sur l'origine de la vie, des ressources pour le développement durable de l'humanité, et des menaces comme les tremblements de terre et les tsunamis d'origine tectonique, volcanique ou sédimentaire. Pour avancer sur ces problématiques, le programme

One Ocean Network for Deep Observation propose de mettre en réseau les observatoires et technologies de surveillance multidisciplinaires déjà déployés sur différents sites de l'océan mondial. Cette coordination contribuera à enrichir et partager nos connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes d'eaux profondes et à atténuer certains risques naturels dans le cadre des changements planétaires contemporains. Il vise également à attirer l'attention des citoyens sur l'océan profond qui subit une pression croissante du fait des activités humaines.



2021 United Nations Decade
of Ocean Science
2030 for Sustainable Development

Deux journées d'échanges sur les systèmes de mesures autonomes pour l'observation du milieu marin (SMA2M)

Aurélien Ponte, chercheur océanographe à Ifremer et l'un des organisateurs de l'atelier SMA2M. Photo : S. Lesbats - Ifremer



Chercheur océanographe de l'Ifremer, Aurelien Ponte est l'un des organisateurs de cet atelier SMA2M, un événement très réussi qui a rapproché les intérêts de deux communautés : celle des experts dont l'objet de recherche est la technologie et celle des scientifiques qui ont besoin de faire évoluer leurs outils.

Pourquoi ces systèmes de mesures autonomes sont-ils si importants ?

Il se déroule dans l'océan un nombre faramineux de processus physiques, biologiques, chimiques que nous nous efforçons en tant qu'océanographes de décrire, comprendre et de prédire dans la mesure du possible. Depuis des siècles, nous réalisons des observations sur des navires océanographiques dans le cadre de campagnes qui sont indispensables, mais aussi coûteuses et limitées par leur durée et leur périmètre géographique.

Nous développons donc en parallèle depuis plusieurs années d'autres types de plateformes d'observation, plus légères, autonomes et donc respectueuses de l'environnement. Cela nous permet de démultiplier nos capacités d'observation.

Quels types d'équipements entrent dans cette catégorie ?

C'est assez large. Cela comprend des mouillages, des stations de mesure de fond de mer et des profileurs (bouées qui peuvent flotter mais aussi évoluer entre deux eaux). En plus des instruments dérivants, nous avons des engins motorisés, tels que les robots sous-marins autonomes (AUV), et des hybrides comme les Glider, des bouées munies d'ailes qui peuvent se déplacer horizontalement. Ce sont des instruments mûrs et largement utilisés aujourd'hui.

Il y a aussi des développements plus récents, les *unmanned surface vehicle* (USV), des plateformes autonomes motorisées ou équipées de voile qui ressemblent à de petits bateaux. Elles sont capables de collecter des mesures à la surface de l'océan et éventuellement dans la colonne d'eau. Elles sont encore en phase de test et d'appropriation par la communauté océanographique mais devraient contribuer de manière substantielle à l'observation des océans dans les années à venir.

Quels étaient les sujets plus spécifiquement abordés et les buts visés par cet atelier ?

L'objectif fondamental est de repousser les limites des systèmes existants. Il faut donc dans un premier temps bien identifier les verrous instrumentaux qui posent problème aux scientifiques et ensuite repérer quels développements technologiques récents ou en cours sont capables de les lever.

Lors de la première journée de l'atelier, les chercheurs en océanographie physique, géosciences, écosystèmes marins ont ainsi expliqué leurs différents besoins. Et durant la seconde, ce sont les opportunités technologiques qui ont été présentées. Nous avons organisé des tables rondes sur quelques sujets déterminants pour l'amélioration des plateformes : l'augmentation de l'autonomie énergétique, la réduction des impacts environnementaux, l'amélioration de la communication des données collectées et l'intelligence de ces systèmes. Nous avons aussi abordé la question très importante du développement industriel de ces technologies.

Quel bilan dressez-vous de ces deux journées d'échanges ?

Il est très positif. De nombreux participants, des deux communautés, ont manifesté leur satisfaction et leur envie d'aller plus loin.

Il y a eu des échanges intéressants entre océanographes sur des besoins communs, des possibilités de mutualiser les moyens d'observation. D'autres discussions très constructives ont également eu lieu au sujet d'un modèle d'USV, le DrIX, qui pourrait intégrer prochainement la Flotte océanographique française. L'atelier a aidé à mieux identifier les besoins des scientifiques auxquels peut répondre ce type d'équipement.

Avec l'évolution très rapide des technologies, je pense qu'il est très intéressant de maintenir ce genre d'échange dans la durée et j'espère que nous pourrions rééditer cette manifestation.

<https://wwz.ifremer.fr/Recherche/Atelier-SMA2M-Systemes-de-Mesures-Autonomes-pour-l-observation-du-Milieu-Marin>

Organisation et déroulement de l'Atelier SMA2M

Initiée par la Direction Scientifique de l'Ifremer, cette manifestation a été organisée et pilotée par un comité de treize personnes rattachées à l'Ifremer, au CNRS et à l'université de Toulon :

- Aurélien Ponte, Chantal Compère, Jean-Romain Lagadec, Julie Tourolle, Stéphanie Dupré, Jan Opderbecke, Mathieu Doray, Patrick Farcy, Viorel Ciausiu, Karenn Bucas, Claire Dune-Maillard, Séverine Martini, Olivier Soubigou.

Elle a mobilisé une cinquantaine d'intervenants et accueilli près de 250 personnes issues de l'Ifremer et de nombreuses autres institutions scientifiques :

- INSU, IRD, OFB, UBO, CEA, CNES, Ensta-Bretagne, IMT-Atlantique, LabSTIC, ENIB, LIRMM, ISIR, LS2N, LAAS, COSMER, Univ. Toulon, Univ. Montpellier, ARAGO, LIENSS, IPGP, LOCEAN, Sorbonne Univ., LSCE, Centrale Marseille.

L'atelier s'est déroulé sur deux jours (3 et 4 février 2021), intégralement en ligne pour éviter les risques sanitaires.

Internet des objets et nanosatellites pour développer l'océan numérique

Déployés à partir de 2023, les nano satellites de Kinéis vont accroître les services marins et maritimes utilisant l'internet des objets..
©HEMERIA



L'Ifremer et Kinéis lancent un appel à manifestation d'intérêt afin d'accélérer le développement de nouveaux services marins et maritimes utilisant l'internet des objets via une constellation de nano satellites.

Filiaire du Centre national d'études spatiales (CNES) et de la société Collecte Localisation Satellites (CLS), Kinéis déploiera à l'horizon 2023 une première constellation de 25 nano satellites dédiée à l'internet des objets (IoT - *Internet of Things*). Il s'agit d'assurer une couverture mondiale de qualité, et financièrement abordable, qui permettra de connecter, piloter à distance et faire communiquer entre eux différents équipements sur l'ensemble de la planète. Cette infrastructure ouvrira naturellement de nouvelles perspectives pour la transformation numérique des domaines marins et maritimes.

Dans le cadre de sa politique de soutien à l'économie bleue par la recherche et l'innovation, l'Ifremer est entré en 2020 au

capital de Kinéis. Cette année, en coordination avec les pôles Mer Bretagne Atlantique et Méditerranée, l'Institut a concrétisé cet engagement en participant au lancement d'un appel à manifestation d'intérêt (AMI) centré sur le développement de l'internet des objets marins à partir des technologies Kinéis. Impliquant *a minima* une équipe scientifique de l'Ifremer et un partenaire socio-économique sur une durée maximum de 24 mois, les projets sélectionnés bénéficieront d'une aide financière, du soutien de l'équipe scientifique concernée et de kits de développement fournis par Kinéis

Les applications attendues sont liées à tous les domaines d'observation, de surveillance et d'usage durable des océans :

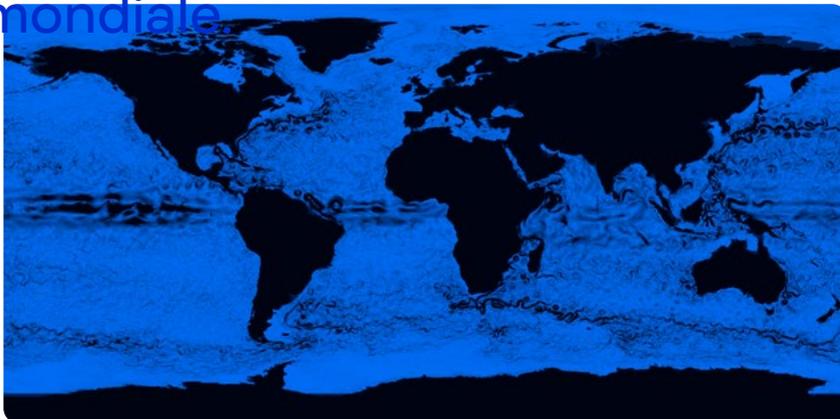
suivi de la biodiversité, des ressources halieutiques ou des engins de pêche, connectivité des infrastructures et des équipements en mer (bouées, flotteurs, profileurs, engins autonomes, observatoires, embarcations...), sécurité des installations et des personnes, maintenance et supervision depuis la terre...

Deux partenariats ont ainsi été signés en 2021. Le projet AIOS, avec la société eOdyn, utilise les technologies Kinéis AIs et Argos pour améliorer la sécurité maritime et la lutte antipollution. Le projet B-Connect, avec les sociétés CLS, nke Instrumentation et Notilo Plus, s'appuie sur la technologie Kinéis pour faire progresser l'observation de la zone littorale et des écosystèmes marins.

Six années d'océanographie opérationnelle au sein du Copernicus Marine Service

L'Ifremer a activement contribué au succès de ce service de l'Union européenne qui fournit des informations gratuites, régulières et systématiques sur l'évolution de l'océan bleu (physique), blanc (glace de mer) et vert (biogéochimie) à l'échelle mondiale

Modèle numérique des courants de 2021.
<https://myoceanlearn.marine.copernicus.eu/>



Copernicus est le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne. Sa branche maritime, le Copernicus Marine Service (CMS), a été créée en 2014 pour fournir des données et des services marins ouverts et gratuits en soutien à la politique marine, à la croissance bleue et à l'innovation scientifique. La Commission européenne a confié sa mise en œuvre à Mercator Océan International (MOi), une organisation à but non lucratif dont les services scientifiques sont orientés vers la préservation et l'utilisation durable des ressources océaniques et marines : une vocation qui s'inspire de l'un des objectifs de développement durable (ODD 14) portés par les Nations unies.

En tant que membre fondateur du MOi et partie prenante de sa gouvernance, l'Ifremer a joué un rôle de premier plan dans le Copernicus Marine Service. Il a notamment coordonné son centre de données *in situ* et contribué à plusieurs centres de données satellitaires. Au cours des six années écoulées, le CMS a assuré sa mission avec brio en fournissant des informations clés sur lesquelles ont pu s'appuyer les politiques européennes et internationales dans de multiples domaines : réduction de la pollution, protection de l'océan, amélioration de la sécurité et de la navigation maritimes, utilisation durable des ressources océaniques, développement des ressources énergétiques

marines, surveillance climatique, prévision météorologique, croissances bleue...

En 2021, la Commission européenne a renouvelé sa confiance en MOi. Elle lui a délégué la mise en œuvre d'une nouvelle phase de déploiement du CMS (2021-2027). En corrélation avec le pacte vert pour l'Europe (*European Green Deal*), un plan ambitieux a d'ores et déjà été défini. Il s'efforcera de répondre aux principaux besoins des utilisateurs et des politiques européennes liées à l'océan.

ISIS Fish: Un simulateur de dynamique de pêche de plus en plus mature et exploité

Stéphanie Mahevas, mathématicienne à Ifremer, et Sigrid Lehuta, ingénieure en modélisation et en écologie, portent les évolutions du simulateur de dynamique de pêche Isis Fish.
Photo: S. Lesbats - Ifremer



À partir de trois catégories de données (règlementation, activités de pêche et ressources biologiques marines), ISIS Fish simule des cartes mensuelles d'abondance des populations de poissons et de captures des flottilles . Ces cartes peuvent être utilisées pour construire des scénarios d'évolution d'une pêche et étudier les conséquences de changements de la réglementation des pêches.

Dès son arrivée à l'Ifremer en 1998, la mathématicienne **Stéphanie Mahevas** (SMA) s'est investie dans la création d'ISIS Fish impulsée par Dominique Pelletier. Ingénieure spécialisée en modélisation et en écologie, **Sigrig Lehuta** (SLE) l'a rejointe afin de continuer le développement de ce simulateur de pêche qui est utilisé à des fins à la fois académiques et opérationnelles.

Pouvez-vous nous rappeler pourquoi et comment ISIS Fish a été créé ?

SMA: L'objectif initial était de faire appel à des simulations mathématiques pour évaluer les répercussions de certaines réglementations. Il s'agissait en particulier de comprendre les conséquences de l'instauration d'aires marines protégées sur les populations de poissons et les flottilles de pêche. ISIS Fish a donc été conçu à la fois comme un outil de recherche et comme un outil opérationnel.

Nous avons d'abord créé un modèle mathématique qui décrivait les mécanismes de la dynamique mensuelle et spatiale des populations marines pêchées et des flottilles de pêche. Nous avons ensuite fait appel à des informaticiens pour développer le logiciel *open source* associé dont la première version a été lancée au début des années 2000.

SLE: C'était l'un des premiers modèles spatialisés à l'époque. Sa flexibilité aussi était innovante. Il peut s'adapter à différents types d'écosystèmes marins et d'activités de pêche, ce qui est rare, et intégrer les évolutions de la réglementation, des données économiques, des informations sur le comportement et les réactions des pêcheurs...

Quelles améliorations ont été apportées pour arriver à la version actuelle ?

SMA: Nous avons rendu le modèle à la fois plus flexible, plus précis et plus réaliste dans la description des différents processus à l'œuvre. Nous avons intégré les connaissances scientifiques au fur et à mesure de leur production, tout en élargissant le panel disciplinaire concerné (économie, physiologie des poissons, géographie...). Plus récemment, toujours pour améliorer notre compréhension, nous avons intégré les connaissances expertes des professionnels de la pêche.

Dans le même temps, nous avons aussi beaucoup renforcé la robustesse d'ISIS Fish qui est devenu plus opérationnel et plus accessible à des utilisateurs qui ne sont pas les développeurs d'origine.

SLE: La gestion des incertitudes est l'autre sujet qui a toujours été au centre de nos préoccupations. ISIS Fish s'appuie en effet sur des connaissances et une compréhension des processus qui évoluent en permanence. Nous avons donc développé des méthodes de sensibilité et d'analyse de ces incertitudes pour calibrer le modèle le plus rigoureusement possible. Cette gestion de l'incertitude est notre marque de fabrique.

Quelles sont les utilisations d'ISIS Fish aujourd'hui ?

SMA: Nous l'utilisons pour tester des hypothèses et construire des scénarios. Il existe maintenant une communauté internationale d'utilisateurs. Le modèle est exploité pour la recherche en France, en Nouvelle-Calédonie, en Nouvelle-Zélande, en Australie, en mer Baltique, au Canada... Les applications les plus opérationnelles sont dans le golfe du Lyon, en Manche et dans le golfe de Gascogne où nous confrontons ISIS Fish à ce que l'on connaît du fonctionnement des pêcheries pour vérifier qu'il est capable de les reproduire avec justesse.

Est-ce qu'il y a eu des avancées remarquables sur ce plan opérationnel en 2021 ?

SLE: L'un des traits marquants a été l'utilisation d'ISIS Fish au sein du Comité scientifique, technique et économique des pêches (CSTEP). C'est un organe d'expertise dont la vocation est de répondre aux questions de la Commission européenne. Étant donné le stade d'opérationnalité que nous avons atteint en Méditerranée, nous avons pu proposer notre modèle au CSTEP pour évaluer le plan de gestion des pêches dans cette zone. C'est un beau succès. Nous avons également progressé dans le golfe de Gascogne sur l'opérationnalité d'un modèle pour la pêcherie s'intéressant aux poissons de fond.

Nous travaillons de plus en plus avec les organisations professionnelles de la pêche et cette approche participative autour du modèle aide à faire comprendre les enjeux et mieux accepter certaines réglementations.

Quels sont vos projets à venir ?

SMA: Nous travaillons sur l'automatisation des mises à jour du modèle pour qu'ISIS Fish intègre les données scientifiques les plus récentes. Nous continuons également de progresser sur la gestion de l'incertitude, et sur la communication de cette notion auprès des différents acteurs et du public. Notre objectif est d'obtenir un modèle opérationnel pour chacune des trois façades maritimes françaises (golfe du Lyon, golfe de Gascogne, Manche).

SLE: L'une de nos priorités est notre participation au projet européen Seawise qui va être un aboutissement du travail réalisé ces dernières années. Dans ce cadre, nous allons coupler plusieurs modèles, intégrer des connaissances écosystémiques et évaluer l'impact de l'incertitude dans l'évaluation des stocks.

ISIS-Fish : <https://isis-fish.org>
Golfe de Gascogne, projet macco : <https://macco.fr>

Projet Defipel : <https://wwz.ifremer.fr/peche/Le-role-de-l-Ifremer/Recherche/Projets/Description-projets/DEFIPEL>
Seawise : <https://cordis.europa.eu/project/id/101000318/fr>

L'archive ouverte Archimer entame sa mue

Doriane Ibarra,
responsable du service
Information Scientifique
et Technique
Bibliothèque La Pérouse
et de l'administration
d'Archimer.
Photo: S. Lesbats -
Ifremer



Doriane Ibarra est responsable du service Information Scientifique et Technique Bibliothèque La Pérouse qui administre l'archive ouverte Archimer. Cette banque de données assure un accès libre à une grande partie des publications scientifiques de l'Ifremer. L'IST est donc tout naturellement l'un des acteurs de l'élaboration de la politique de science ouverte de l'Institut.

Quel est le rôle du service d'information scientifique et technique que vous dirigez ?

C'est un centre de documentation, une bibliothèque de recherche. Nous gérons les collections et les acquisitions tout en proposant des services de veille, de bibliométrie et de formation aux scientifiques. Dans le cadre de ces missions, nous administrons l'archive ouverte Archimer (publications) et l'Océanothèque (images).

Pouvez-vous nous expliquer ce qu'est Archimer ?

Archimer a été créé en 2005 en tant qu'archive ouverte pour archiver, signaler et diffuser librement les publications scientifiques de l'Ifremer et en accroître ainsi la visibilité. Cette base documentaire contient des articles édités dans des revues, des actes de colloque et de la littérature grise qui n'aurait pas autrement de dissémination large (mémoires, rapports, avis et expertises).

Nous avons fait le choix de déposer systématiquement dans Archimer le texte intégral et d'accorder ensuite des droits d'accès différenciés en fonction de la confidentialité de chaque document et des droits d'exploitation. Aujourd'hui, notre archivage est quasiment exhaustif, car la pratique de dépôt est entrée dans les mœurs des scientifiques. Nous menons en parallèle des campagnes de numérisation pour enrichir notre base avec des documents anciens pour lesquels nous ne possédons pas de fichier électronique. Actuellement, Archimer contient près de 60 000 documents, dont 50 % environ sont en accès libre.

Avez-vous procédé à de nouveaux développements en 2021 ?

Avec le service Ingénierie des Systèmes d'information en tant que maître d'œuvre, nous avons initié une refonte complète du socle informatique commun à Archimer, à l'Océanothèque et à Seanoë (banque de jeux de données en sciences marines). C'est la première opération de cette envergure qui est réalisée sur cette base depuis 2005. Malgré les évolutions opérées au fil des années, le système n'est plus adapté aux attentes actuelles en matière d'interopérabilité (échanges de données), de fonctionnalité et d'ergonomie.

Actuellement, nous rédigeons le cahier des charges. Un important travail de concertation est nécessaire, car les trois bases de données doivent rester interopérables même si elles gèrent des objets très différents. Nous voulons aussi améliorer la qualité des métadonnées qui servent à décrire et référencer les différents documents. Nous souhaitons également conserver certaines particularités de ces outils « maison », comme le géoréférencement qui est très utile en océanographie, mais aussi un réseau de liens entre différentes ressources : les données, les publications qui les exploitent, la campagne à la mer qui a permis leur acquisition, les instruments utilisés... tout ceci apporte de la profondeur et de la valeur ajoutée.

Quels sont les enjeux actuels en matière de science ouverte ?

Ce mouvement consiste à défendre l'idée que la science est un bien commun qui doit être largement diffusé dans la société. Il est monté en puissance à la fin des années 1990, en réaction notamment à l'influence acquise par certains grands éditeurs privés. En effet, nous sommes devenus captifs d'un système d'évaluation des travaux scientifiques qui repose beaucoup sur la publication d'articles dans quelques revues prestigieuses détenues par ces opérateurs privés. Cette pratique a engendré une certaine forme de captation de la science (cession des droits des auteurs, coûts élevés des abonnements aux revues) et des pratiques décriées (délais de publication élevés, sujets privilégiés, qualité inégale des articles). Dans le cadre d'Archimer, nous sommes régulièrement confrontés à ce problème, car nous n'avons plus le droit de mettre en accès libre certains articles dont les droits ont été cédés aux revues, alors qu'ils sont issus du travail de nos propres chercheurs.

Déjà bien engagé sur la voie de la science ouverte, notamment à travers l'accessibilité de ses bases données au public, l'Ifremer poursuit ses efforts. Dans la lignée des plans nationaux du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, il finalise actuellement son « plan science ouverte » qui clarifiera sa position sur ce sujet complexe en fixant quelques grands principes à respecter.

La Bibliothèque La Pérouse

Ce Centre de Documentation sur la Mer est une réalisation commune à l'Université de Bretagne occidentale (UBO), à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et à l'Ifremer. Il a pour mission prioritaire d'assurer à l'ensemble des personnels et étudiants des établissements partenaires l'accès à l'information scientifique et technique.

OneOceanScience : un tour du monde digital des sciences océaniques

Géraldine Guillevic,
responsable
de la communication
externe, a orchestré la
campagne digitale
OneOceanScience.
Photo: S. Lesbats -
Ifremer



Géraldine Guillevic est responsable de la communication externe et directrice adjointe à la Direction de la communication. Elle a orchestré OneOceanScience, une opération destinée à rappeler le rôle essentiel des sciences océaniques face au défi climatique. Fédérant 37 scientifiques sur 5 continents, l'événement a ouvert la journée Océan de la COP 26 et son message — *Ocean Science Matters* — a touché 9 millions de personnes dans le monde.

Comment est née l'idée du OneOceanScience ?

Cette idée est née du souhait de François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer, de lever un consortium scientifique international pour rappeler aux citoyens pourquoi les travaux menés par les chercheurs en sciences marines sont essentiels dans le contexte global. Le but était aussi de mettre l'océan et les sciences océaniques sur le devant de la scène internationale.

Alors que l'on parlait autrefois d'océans au pluriel, on réalise aujourd'hui qu'il n'existe en réalité qu'un seul océan connecté aux 5 continents. Un océan et une communauté scientifique mobilisée pour trouver des solutions aux grandes problématiques de cet écosystème sous pression. Par cette initiative organisée par l'Ifremer en partenariat avec l'IRD et le CNRS, avec le soutien de la plateforme Océan & Climat et la participation de Thomas Pesquet de l'Agence Spatiale Européenne (ESA), la recherche française a montré sa pleine mobilisation pour servir cet objectif.

Comment s'est déroulée cette campagne, non pas sur mer, mais sur le web ?

OneOceanScience s'est matérialisé autour de la création d'une plateforme digitale conçue comme une fenêtre sur les dernières connaissances en sciences océaniques sur le climat. Par cette fenêtre, 37 scientifiques en provenance de 34 pays ont diffusé une série de courtes vidéos qui témoignent d'une grande diversité géographique, de cultures et de sujets mais répondent toutes à une même question : *Why ocean matters?*, pourquoi l'océan compte.

Le lancement de cette plateforme, le 25 octobre 2021, a été accompagné par une campagne internationale sur les réseaux sociaux de nos partenaires et des participants à la campagne, relayée par des influenceurs du monde entier. Une campagne presse a aussi donné de la résonance à l'événement, qui, labellisé par la Décennie des Nations-unies pour les sciences océaniques au service du développement durable, a ouvert la journée Océan de la COP 26, le 5 novembre 2021 à Glasgow.

Qu'est-ce que cela implique d'organiser un événement de cette envergure à l'échelle internationale ?

Cela nécessite beaucoup de temps passé à convaincre, à construire une relation ancrée dans la confiance, de nombreux échanges personnalisés pour travailler les angles des sujets, pour chaque institution. Une relation partenariale soutenue avec le CNRS, l'IRD, la POC, l'ESA et l'équipe de l'*Ocean Decade* fut également primordiale pour la réussite de OneOceanScience. Aussi, nous avons contacté environ 200 influenceurs dans le monde afin que OneOceanScience soit partagé par le plus grand nombre et le plus loin possible. Je souhaiterais aussi mentionner l'implication des équipes de Thomas Pesquet et de John Kerry, l'envoyé spécial du Président des États-Unis pour le climat, qui ont soutenu OneOceanScience via une vidéo partagée sur

leurs réseaux sociaux. Nous avons également noué une collaboration étroite avec la plateforme Océan & Climat qui nous a permis d'être présents à la COP 26 et avec l'équipe de la Décennie des Nations unies pour les sciences océaniques au service du développement durable qui nous a apporté son soutien tout au long du projet. Je tiens enfin à féliciter chaleureusement Théo Tanguy, en charge de la communication digitale à l'Ifremer, qui a su gérer impeccablement la partie communication digitale du projet depuis sa genèse jusqu'à la COP26.

Quelles ont été les retombées de cette campagne ?

Un bilan dont nous pouvons être fiers ! Ce fut un vrai plaisir de travailler avec des chercheurs du monde entier et de contribuer à cette mise en réseau des scientifiques. Nous nous réjouissons du succès d'audience de la campagne qui s'est affichée à plus de 15 millions de reprises sur les écrans avec plus de 3,5 millions de visionnages rien que pour les vidéos, soit plus de 9 millions de personnes touchées par notre message — *Ocean Science Matters* — et plus de 700 posts générés sur les réseaux sociaux. OneOceanScience poursuivra sa vie au OneOceanSummit de Brest en février 2022. D'autres belles perspectives de sciences s'ouvrent grâce à ce consortium pour porter haut la voix des scientifiques.

La plateforme digitale dédiée à OneOceanScience
<https://oneoceanscience.com/>

Accom- pagnement et soutien

Vivre avec la pandémie de Covid-19

L'année 2021 a encore été largement marquée par la situation sanitaire. Toutefois, il ne s'agit plus d'un choc dû à l'apparition du SARS-CoV-2. Il faut désormais puiser dans l'expérience acquise, en faisant évoluer les protocoles sanitaires déjà mis en œuvre, pour continuer à vivre et travailler avec une pandémie qui s'inscrit dans la durée.

Le télétravail dominant dans les laboratoires et les bureaux

Pour adapter son organisation de travail aux exigences de la crise sanitaire, l'Ifremer a fait évoluer les protocoles visant à assurer la santé et la sécurité des salariés tout au long de l'année. Ces actions ont naturellement été menées en relation avec les représentants du personnel et après consultation des comités et commissions dédiés à la santé et la sécurité au travail. Pour tous les emplois susceptibles d'y recourir, le télétravail est resté largement majoritaire, avec un assouplissement lié au reflux de la pandémie durant l'été. D'autres mesures ponctuelles ont été prises, par exemple pour maximiser la sécurité liée à la restauration des personnels présents sur sites.

Un protocole d'embarquement éprouvé pour les campagnes en mer

Après une année 2020 très perturbée, les campagnes en mer ont quasiment pu retrouver leur rythme de croisière. Le protocole de sécurité instauré en octobre 2020 sur les navires de la Flotte océanographique française est resté en vigueur. Il consiste à démarrer le suivi des personnels embarquants 14 jours avant le départ, à réaliser des tests PCR réguliers jusqu'à l'embarquement, puis à maintenir durant 7 jours à bord des mesures barrières strictes et une surveillance attentive. Ce protocole s'est

avéré efficace puisque seules deux contaminations sont à déplorer, sans conséquences sanitaires graves.

À la fin du mois de juillet, une mission réalisée au large de l'Islande sur *l'Atalante*, pour le Service hydrographique et océanographique de la Marine (Shom), a dû être interrompue en raison d'une contamination (probablement due à une escale à Reykjavik). Une dizaine de personnes étant rapidement testées positives, le navire est rentré à Brest d'où il a pu repartir 8 jours plus tard, après une période de désinfection et de confinement. Un cas positif a également été détecté sur le *Pourquoi Pas?* lors de la campagne Ghass 2 en mer Noire. La mission a pu se poursuivre, sous la surveillance du médecin de bord, en isolant le malade et les quelques personnes non vaccinées dans leurs cabines.

Une surveillance allégée du SARS-CoV-2 dans le milieu marin

Dès le mois d'avril 2020, l'Ifremer avait instauré une surveillance des eaux littorales pour repérer l'éventuelle présence du SARS-CoV-2 dans le milieu marin, sachant que celui-ci avait été clairement identifié dans les eaux d'épuration. Aucune trace de ce coronavirus n'ayant été détectée dans les 406 échantillons de coquillages prélevés en un an, l'Ifremer a décidé d'alléger ce dispositif au début de l'été 2021. Ses scientifiques restent cependant en alerte, prêts à redéployer

le dispositif en cas de déversements accidentels d'eaux usées susceptibles d'affecter les milieux marins.

L'Ifremer participe au plan France Relance

Pour amortir le choc de la pandémie de Covid-19 sur l'économie française, le Gouvernement a lancé un plan de soutien, d'une enveloppe de 100 milliards d'euros, baptisé France Relance. L'Ifremer bénéficie d'un soutien financier pour deux catégories de projets : la rénovation énergétique des bâtiments, le soutien à l'emploi de recherche & développement au sein des entreprises. L'Institut s'est ainsi engagé dans 13 projets visant à améliorer les performances énergétiques de ses bâtiments pour un montant de 7 millions d'euros. L'essentiel sera consacré à la construction du projet Batimer sur le centre Atlantique à Nantes.

Par ailleurs, l'Ifremer a travaillé avec des entreprises éligibles à la mesure « Préservation de l'emploi de R&D » pour potentiellement développer une vingtaine d'emplois (Équivalent Temps Plein) en ouvrant ses laboratoires à des chercheurs et ingénieurs du privé ou en mettant à disposition des entreprises de jeunes diplômés et docteurs embauchés par l'Ifremer en contrat à durée déterminée. Des discussions sur la contractualisation sont en cours sous l'égide de l'Agence nationale de la recherche (ANR)

Regard sur les travaux du comité scientifique

Patrick Landais,
président du comité
scientifique de l'Ifremer.
Photo: L.Godart / CEA



Placé auprès du président de l'Ifremer, le comité scientifique donne son avis sur la cohérence d'ensemble des programmes scientifiques et de développement technologique. Il émet des recommandations, procède à des évaluations et peut formuler des propositions concernant l'orientation des recherches.

Une année 2021 très intense

Spécialiste en géosciences, **Patrick Landais** a acquis au cours de sa carrière au sein d'Elf-Aquitaine, de la Cogema, du CNRS, du BRGM et de l'Andra une forte expertise en matière de ressources minérales et énergétiques, de géochimie pétrolière et environnementale, et de gestion des déchets radioactifs. Il est aujourd'hui haut-commissaire à l'énergie atomique auprès du CEA. Il a accepté la présidence du comité scientifique de l'Ifremer en 2015.

Avec le recul d'un premier mandat, comment appréhendez-vous le positionnement du comité scientifique de l'Ifremer ?

J'aborde mon second mandat de président dans le même état d'esprit que le précédent. Le comité scientifique est au service de l'établissement et, à mon sens, plusieurs éléments doivent caractériser son action.

Avant tout, nous nous devons d'être rigoureux et attentifs aux enjeux éthiques dans notre processus d'évaluation et de conseil. Ensuite, il nous faut être bienveillants, ne pas perdre de vue que nous avons pour mission d'aider l'Ifremer dans son fonctionnement, ses orientations, sa stratégie scientifique. J'attache également une grande importance au collectif. Nous essayons de produire des avis qui reflètent les sensibilités de chacun des membres. Enfin, nous veillons à entretenir une relation de confiance avec la direction générale et la direction scientifique qui joue un rôle essentiel dans la préparation des séances.

Tout cela concourt à notre volonté d'être efficaces de pouvoir répondre rapidement et de manière circonstanciée aux interrogations de l'Ifremer.

Quels sont les traits marquants de l'activité du comité en 2021 ?

L'année a été très intense et, même si la période n'était pas très propice aux réunions, nous avons tenu trois séances plénières et une autre partielle. Le conseil a également créé deux groupes de travail pour accompagner certains projets.

Deux sujets ont particulièrement mobilisé l'Ifremer et le comité scientifique. D'abord le lancement au niveau national de la seconde vague de programmes et équipements prioritaires de recherche (PEPR). Ensuite, nous avons été sollicités sur des sujets relevant du plan d'investissement de l'Ifremer pour fournir des recommandations et suivre certaines opérations. Cela a permis d'aborder une grande diversité de sujets avec la création des chaires bleues, le plan d'action outre-mer, des innovations comme l'observatoire Marmor et les nouvelles bouées Argo.

Est-ce que certains sujets ont particulièrement retenu votre attention ?

Oui. Le premier concerne la stratégie Grands fonds qui touche aux ressources minérales et aux fonctions environnementales associées, mais qui a aussi une dimension politique et sociale vis-à-vis des territoires d'outre-mer. C'est un sujet très important qui mobilise l'Ifremer, le CNRS, le BRGM, l'IRD et sur lequel il est essentiel d'avoir une approche globale des enjeux.

L'autre sujet incontournable est l'océan numérique. L'Ifremer s'est engagé sur cette voie depuis plusieurs années, c'est une initiative essentielle pour l'institut. Mais il faut rester vigilants, et s'interroger notamment sur les opportunités de mutualiser l'effort avec d'autres organismes de recherche qui déploient des projets de jumeau numérique appliqués à leurs domaines d'intervention respectifs.

Le comité scientifique a aussi unanimement salué le plan d'action outre-mer et son école flottante associée. C'est une idée remarquable, donnant lieu à un projet bien organisé avec un excellent positionnement.

Quelle était la mission des deux groupes de travail ?

L'un a accompagné la création des chaires bleues, un projet important pour l'Ifremer. Le plan d'action était très clair, très complet. Nos recommandations ont surtout porté sur le lancement et le positionnement durable de l'opération.

L'autre groupe est intervenu sur la préparation du rapport d'autoévaluation de l'Ifremer. Il est important que le conseil soit sollicité pour accompagner ce regard quinquennal dédié à l'évaluation sincère des réalisations et à l'identification des pistes d'amélioration.

Et pour l'avenir, quels enjeux vous paraissent importants ?

En tant que président du comité scientifique, je suis très attentif à ce que les investissements réalisés, qui sont importants, se traduisent en progrès scientifiques. L'Ifremer doit aussi continuer à développer ses partenariats au sein du système de recherche national et international, et gagner en notoriété pour aider à renforcer l'attractivité autour de l'océan. Le comité scientifique est là pour l'accompagner sur ces enjeux. Il est très mobilisé, très studieux, convaincu de faire un travail utile.

Un comité d'éthique commun à quatre organismes de recherche

L'Ifremer se donne pour objectif l'exemplarité des activités de recherche dont il a la responsabilité. Il a ainsi adopté une démarche éthique et suit des règles déontologiques qui constituent le socle indispensable de la confiance que lui accordent la société, les pouvoirs publics et ses partenaires scientifiques.

Michel Badré, nouveau président du comité commun d'éthique



En avril 2016, l'Ifremer a rejoint le Comité consultatif commun d'éthique fondé en 2007 par l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Il a été suivi par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) qui a lui aussi adhéré en 2019. Partageant de nombreux enjeux de politique scientifique, ces quatre organismes ont ainsi mutualisé leurs questionnements et enrichi leurs réflexions respectives sur l'éthique. Ils se retrouvent d'ailleurs dans d'autres instances, telles que l'Alliance nationale de

recherche pour l'environnement (Allenvi).

Avec une mission de réflexion, de conseil, de sensibilisation, voire d'alerte, ce Comité examine, sous l'angle de la responsabilité sociale des sciences, les questions éthiques que soulèvent l'activité et le processus de recherche, en France et à l'étranger, dans différents domaines : alimentation, agriculture, mer, environnement et développement durable. Le Comité d'éthique émet des avis sur des sujets dont il se saisit à la demande des présidents des quatre organismes.

Michel Badré succède à Axel Kahn à la présidence du Comité

Ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts, **Michel Badré** a occupé de hautes fonctions au sein du ministère de l'Environnement, avant de rejoindre le Conseil économique social et environnemental. Il s'est particulièrement investi dans la prise en compte de l'environnement au sein des grands projets et programmes de développement. Vice-président du Comité commun d'éthique depuis 2016, il a pris la succession Axel Kahn qui s'est éteint le 6 juillet 2021.

Quels souvenirs gardez-vous de votre prédécesseur, Axel Kahn ?

Je ne le connaissais pas du tout avant d'intégrer le Comité d'éthique, mais son investissement m'a immédiatement frappé. Malgré ses très nombreuses occupations, il s'était engagé personnellement dans le fonctionnement de ce comité. Il avait une exigence intellectuelle très forte, une hauteur de vue incontestable et une écoute très attentive. Toutes choses que l'on ne rencontre pas très souvent chez la même personne. C'est une grande perte pour nous.

Comment définiriez-vous le rôle du comité consultatif commun d'éthique ?

Son rôle est de fournir de la matière à penser. Il réfléchit aux questions d'éthique qui peuvent se poser aux équipes de recherche lors de leurs interventions au quotidien. Cela peut porter sur des questions générales. Par exemple, comment se positionner pour éviter les conflits d'intérêts lorsque l'on est sollicité en tant qu'expert dans une démarche d'élaboration de politique publique ? Ou encore, comment réussir à faire cohabiter ce qui relève de l'opinion militante et de l'expertise scientifique ? Et nous nous intéressons parallèlement à des thématiques plus spécifiques.

Quelles thématiques avez-vous traitées, notamment en 2021 ?

Deux années de suite, nous avons travaillé sur les nouvelles technologies d'édition du génome appliquées aux espèces végétales et animales (CRISPR-Cas9). Un sujet de biotechnologie très pointu qui pose beaucoup de questions d'ordre éthique, le but étant de savoir jusqu'où nous nous autorisons à aller dans la manipulation du vivant.

Nous avons aussi abordé une autre thématique, plus générale et intéressant directement l'Ifremer : les interactions entre les besoins de préservation de la biosphère et les besoins liés aux activités humaines (agriculture, pêche, loisirs...). Cela concerne tous les milieux, terrestres comme maritimes et océaniques. Nous avons commencé par aborder la gestion des eaux littorales où ces deux besoins se télescopent souvent. Le Comité a publié un avis intermédiaire sur le sujet en 2021. Nous terminons actuellement un avis sur les sols.

Dans tous les cas, nous identifions d'abord les objectifs et orientations qui peuvent paraître contradictoires ou relevant d'injonctions incompatibles. Puis nous proposons un cadre pour se positionner ou des champs d'investigation à creuser.

Comment fonctionne le Comité ?

Son fonctionnement est classique. Tous les membres du Comité sont choisis à l'extérieur des quatre organismes, un secrétariat faisant le lien entre eux et nous. Le comité intervient sur lettre de saisine. Nous précisons alors le sujet et constituons un groupe de travail avec un ou deux rapporteurs. Ce groupe prépare un projet d'avis en interaction avec des spécialistes du domaine, issus notamment des quatre organismes constitutifs. À la fin nous produisons collégialement un texte de synthèse assorti de recommandations. Il y a une très bonne ambiance dans ce comité, il est très agréable d'y travailler.

Pouvez-vous évoquer votre programme de l'année 2022 ?

Nous allons aborder la question des interventions humaines dans des milieux très faiblement anthropisés. L'initiative vient de l'Ifremer, mais le sujet intéresse les trois autres organismes, car il englobe aussi bien les milieux océaniques et les fonds marins profonds que les espaces naturels protégés, les zones arctiques et antarctiques et même la problématique des peuples premiers.

Le comité veut aussi améliorer l'interaction avec les chercheurs tout au long du processus de réflexion, depuis la lettre de saisine jusqu'à la publication de l'avis et son utilisation ultérieure. Nous travaillons à la mise en œuvre d'un site web interactif pour faciliter ces échanges.

Enfin, nous aimerions rendre hommage à Axel Kahn, en organisant non pas un panégyrique, mais plutôt une journée d'échange avec les chercheurs des quatre organismes sur le thème de l'exigence intellectuelle et morale qui lui était si cher.

Responsabilité sociétale de l'Ifremer

En 2021, l'Ifremer a consolidé sa stratégie de responsabilité sociétale (RSE) en cohérence avec les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies. Plusieurs actions nouvelles ont été initiées et une journée nationale organisée pour rassembler les salariés autour de ces sujets.

Élaborée au cours de l'année précédente, la stratégie RSE de l'Institut a été présentée au mois de mars 2021 au conseil d'administration et à certaines parties prenantes : partenaires académiques, club Développement durable des Établissements publics (CDDEP), salariés... Cinq axes stratégiques ont été retenus, identifiant les enjeux et définissant des objectifs de progrès. Ils se déclinent désormais en fiches thématiques à visée opérationnelle et en plans d'action dédiés.

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

Dans la lignée de cette stratégie plusieurs projets ont été initiés et pour certains réalisés. L'Institut a rédigé un rapport d'étonnement sur l'usage du numérique qui a permis d'identifier les leviers de réduction de ses impacts à plusieurs niveaux (achats d'équipements et gestion de la fin de vie, écoconception des services, stockage des données, sobriété dans les usages individuels...). Une formation à distance sera proposée aux salariés sur cette

thématique. L'Ifremer a élaboré son bilan d'émissions de gaz à effet de serre (étendu aux principaux postes du scope 3 : déplacements professionnels et domicile-travail, immobilisations et achats). En tant que membre du CDDEP, il a pleinement contribué aux objectifs du plan Services publics écoresponsables (SPE), en assurant un *reporting* régulier des 20 mesures qui incarnent l'écologie au quotidien pour les services publics. Il a en outre été désigné par le CDDEP pour assister à ses comités de suivi technique.

L'Institut a également mis en œuvre un tableau de bord de *reporting* environnemental afin de suivre par des indicateurs dédiés sa trajectoire bas-carbone. L'évaluation de la conformité RSE de l'Ifremer a aussi fait l'objet d'une attention particulière. L'Institut a mandaté le cabinet d'avocats E&Y pour mener une série d'entretiens auprès de responsables d'activité. Il s'agit d'évaluer notre conformité à la RSE sur plusieurs axes : protection des inventions des salariés, protection des données (RGPD), l'environnement, la corruption, la commande publique, la gouvernance RSE de l'Ifremer actuellement en place.

Par ailleurs, une journée nationale RSE « Le temps du développement durable » a été organisée le 10 novembre 2021 à la Maison de l'Océan à Paris. Accessible à l'ensemble des sala-

riés en distanciel, elle a été pilotée par le président directeur général, le directeur général délégué et le responsable RSE de l'Ifremer. Un grand témoin, Laurence Monnoyer-Smith (directrice développement durable au Centre national d'études spatiales) et plusieurs consultants ont été invités pour éclairer les salariés sur la politique RSE de l'Institut, ses objectifs et sa mise en œuvre. Deux tables rondes ont permis d'engager la discussion sur des thèmes centraux :

- La mise en œuvre de la RSE à l'Ifremer, l'affaire de tous !
- Enjeux et leviers de la réduction de l'empreinte environnementale des activités de l'Ifremer à travers des exemples du numérique et des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les vidéos ont été mises en ligne pour que les salariés puissent les consulter à la demande. Suite à l'enquête de satisfaction, les salariés ont émis le souhait de voir cet événement reconduit chaque année et de disposer d'informations plus régulières sur les projets RSE. De nouveaux dispositifs de communication interne sont en cours de déploiement (boîte à idées, organisation de challenges...).

Enfin, dans le cadre du projet Interreg *Preventing Plastic Pollution*, les actions de sensibilisation se poursuivent.

Ressources humaines et dialogue social

Malgré un contexte sanitaire difficile, une campagne active de recrutements a été menée et les négociations sur l'actualisation de la convention d'entreprise ont été engagées.

Au 31 décembre 2021, l'Ifremer comptait 1525 salariés dont 700 chercheurs et ingénieurs. La proportion de femmes s'établissait à 46 % de l'effectif total.

Malgré la situation sanitaire, 68 recrutements externes ont été réalisés en 2021.

Cette même situation sanitaire a conduit l'Ifremer à mettre en place, comme en 2020, un webinar sur le télétravail en période sanitaire destiné à tous les salariés afin de les accompagner et de les aider à s'adapter à un quotidien parfois complexe. En complément de cette initiative, un parcours de formation à destination des managers a par ailleurs été déployé afin de leur permettre de disposer de conseils et d'outils en matière de management à distance. Ce parcours de formation se composait d'un webinar en ligne et d'une session de *e-learning*.

Au-delà de la gestion de la crise sanitaire, le développement des compétences est demeuré un axe fort pour l'Institut.

Les orientations et le plan d'action en matière de développement RH définis par la DRH et validés par le comité de direction ont été présentés au CSE-C dans le cadre de la consultation sur les orientations stratégiques de l'Institut. Ces orientations et ce plan d'action se déclinent en

trois volets : l'identification des métiers, des compétences et de leur évolution, la valorisation de la fonction managériale et enfin la digitalisation des processus de développement RH. Certaines actions sont d'ores et déjà engagées mais le déploiement plus général démarrera en 2022.

En 2021, 819 salariés ont suivi une action de formation dans le cadre du plan de développement des compétences. Par ailleurs un module de formation en *e-learning* destiné à l'ensemble des salariés et une formation complémentaire en visioconférence destinée aux salariés les plus exposés aux risques de corruption ont été mis en place dans le cadre de la loi Sapin 2. Enfin, l'Ifremer a poursuivi le développement de sa politique d'accueil en matière d'alternance en recrutant 56 nouveaux collaborateurs en contrat d'apprentissage ou de professionnalisation.

Dans le domaine des relations sociales, les travaux relatifs à l'actualisation de la convention d'entreprise se sont déroulés tout au long de l'année 2021 et sont appelés à se poursuivre en 2022. Selon l'organisation et le calendrier de travail qui avaient été définis dans l'accord de méthode signé fin 2021, 4 réunions des groupes de travail composés de représentants de la direction et

des organisations syndicales et 9 réunions de négociation se sont tenues.

En 2021, un avenant à l'accord relatif à la mise en place des nouvelles instances de représentation du personnel dans le cadre du CSE a été signé, dans l'objectif d'apporter des précisions à certaines dispositions de l'accord.

Un avenant à l'accord de 2020 relatif au télétravail a aussi été négocié et signé. Cet avenant élargit l'accès des salariés au télétravail et introduit plus de souplesse dans la programmation des jours télétravaillés tout en garantissant une présence régulière sur site essentielle à la préservation de la vie collective de l'Institut. Il prévoit aussi une indemnisation des salariés en raison des frais induits par le télétravail.

Management de la qualité : une politique d'amélioration continue au service de l'Institut et de ses équipes

Marie-Laure Chao,
nouvelle coordinatrice
nationale qualité et
sécurité à l'Ifremer.
Photo : ML. Chao -
Ifremer



Cadre Qualité – Sécurité – Environnement spécialisée dans le secteur de la recherche et des laboratoires, Marie-Laure Chao a travaillé durant plus de vingt ans à l'Institut Pasteur où elle a assumé différentes responsabilités dans ces domaines. Succédant à Pierre Masselin en février 2021, elle a rejoint l'Ifremer en tant que coordinatrice nationale qualité et sécurité.

Comment appréhendez-vous le rôle de la qualité au sein de l'Ifremer ?

La qualité est avant tout un outil de management au service de l'Institut et de ses équipes. Elle offre un cadre propice au bon déroulement des activités et permet d'atteindre les objectifs fixés de manière plus efficiente. Comme le souligne le projet d'Institut à l'horizon 2030, l'Ifremer est très attentif à la qualité de ses résultats et de ses partenariats qui dépend d'une mobilisation efficace de ses compétences, moyens et connaissances techniques et scientifiques de pointe.

L'Institut s'appuie sur une organisation robuste et un système de management de la qualité (SMQ) lui permettant de maintenir une véritable dynamique d'amélioration continue dans sa manière de fonctionner. La reconnaissance externe de ce SMQ, via la certification ISO 9001, atteste de l'importance que l'Ifremer accorde à la qualité de ses travaux et de ses pratiques.

En quoi consiste le système de management de la qualité (SMQ) ?

Le SMQ de l'Ifremer est structuré en 14 processus : un pour le pilotage de l'Institut, huit correspondants à ses grands domaines d'activités et cinq pour les fonctions supports. Chaque processus décline la politique qualité de l'Ifremer à son niveau, en fixant des objectifs, en organisant les activités en conséquence et en mettant en œuvre une amélioration continue basée sur l'application du Plan-Do-Check-Act (PDCA).

Cela passe par la réalisation de revues de processus, d'audits qualité internes et d'actions en faveur de la maîtrise des risques ou encore de l'écoute client. Chaque processus est managé par un pilote nommé parmi les membres du comité de direction et assisté par un chargé de processus. Pour coordonner l'ensemble au niveau national et accompagner chaque processus dans sa démarche, l'Ifremer s'appuie sur l'action de la coordinatrice nationale qualité et des délégués qualité. Enfin, le système ne pourrait fonctionner sans ses principaux acteurs que sont les équipes de l'Ifremer.

Quelles ont été les opérations phares de l'année 2021 en matière de qualité ?

En premier lieu, nous avons revu nos engagements qualité et mis à jour la politique qualité de l'Ifremer. Nous avons également fait évoluer le tableau de bord du SMQ pour donner une meilleure visibilité à la déclinaison des engagements qualité au niveau de chaque processus et sur les résultats obtenus.

L'Ifremer a aussi obtenu le renouvellement de sa certification ISO 9001. Ce succès vient couronner la forte mobilisation de ses équipes et reconnaît la pertinence et l'efficacité de notre SMQ.

En 2021, l'Ifremer a également vu le maintien de ses accréditations Cofrac et la mise en production de son nouveau système de Gestion Electronique des Documents (GED) dont le déploiement se poursuivra en 2022.

Les 4 nouveaux engagements qualité de l'Ifremer

- Assurer l'écoute et la satisfaction de nos clients.
- Respecter nos engagements envers eux.
- Optimiser l'emploi de nos moyens expérimentaux et navals.
- Améliorer nos résultats aux niveaux scientifique, technologique et fonctionnel.

Données budgétaires et financières

Les principales données comptables et financières pour l'exercice 2021 sont les suivantes :

- résultat comptable -2809 k€
- capacité d'autofinancement 6 576 k€
- fonds de roulement 101 585 k€
- trésorerie 107 517 k€.

Les ressources

L'ensemble des produits de l'Institut s'est élevé à 237,6 millions d'euros sur l'exercice 2021 :

- les subventions publiques (pour charges de service public et de fonctionnement en provenance de l'État et autres entités publiques) se sont élevées à 209,4 millions d'euros
- les produits directs d'activité se sont élevés à 28,3 millions d'euros.

Les dépenses

L'ensemble des charges de l'Institut s'est élevé à 240,4 millions d'euros sur l'exercice 2021 :

- les charges de fonctionnement liées directement à l'activité se sont élevées à 130,9 millions d'euros
- les charges de personnel s'établissent à 109,5 millions d'euros. Les effectifs s'établissent à 1571 ETPT.
- en matière de dépenses d'investissement, le montant exécuté s'élève à 31,7 millions d'euros sur l'exercice 2021.

La situation patrimoniale

Les éléments principaux à retenir sont :

- une variation du fond de roulement de -12,7 millions d'euros, générant un niveau final de fond de roulement à 101,6 millions d'euros;
- une trésorerie s'établissant à 107,5 millions d'euros;
- 64,4 millions d'euros de créances clients (49,3 millions d'euros détenus sur des entités publiques) et 12,5 millions d'euros de dettes fournisseurs.

Les autorisations budgétaires

les autorisations d'engagement (AE) se sont établies en 2021 à 250 millions d'euros

- les crédits de paiement (CP) ont été utilisés à hauteur de 244,1 millions d'euros
- les recettes encaissées se sont élevées à 231,8 millions d'euros
- le solde budgétaire est donc en déficit de 12,3 millions d'euros pour 2021.

Conclusion

En dépit d'un résultat négatif, dont l'origine est essentiellement due au décalage dans le temps des recettes comptabilisées à l'avancement des projets (retards des projets scientifiques), la situation financière de l'Institut reste bonne et conforme aux prévisions.

Le niveau du fonds de roulement se situe à 101,6 millions d'euros,

conforme au plan présenté dans le cadre des grands plans d'investissements. Dans ce contexte, les grands programmes et plans qui devraient impacter significativement l'exercice 2022 sont principalement :

- les grands plans d'investissement de l'Ifremer : programmation moyen terme de la flotte océanographique, plan d'investissement immobilier, plan d'investissement scientifique exceptionnel;
- la montée en puissance du plan d'action interne pour l'outremer (PAOM);
- le démarrage des projets Equipex+ de la troisième vague du programme des investissements d'avenir (PIA3) : observatoires sous-marins (Marmor), équipement des engins sous-marins (DeepSea'nnovation), développement pour les flotteurs profileurs Argo (Argo2030) et infrastructure numérique Gaia Data;
- le programme prioritaire de recherches (PPR) Océan & Climat;
- les travaux menés en appui aux politiques publiques, notamment l'acquisition de données pour le suivi des pêcheries et des espèces halieutiques.

Annexes

Bilan à la clôture avant affectation du résultat

BILAN ACTIF	2021 BRUT	AMORTISSEMENTS ET DÉPRÉCIATIONS	2021 NET	2020 NET
ACTIF IMMOBILISÉ				
Immobilisations incorporelles	56 759 911,84	41 533 907,34	15 226 004,50	15 284 417,73
Immobilisations corporelles	636 877 609,05	438 652 985,12	198 224 623,93	199 291 843,90
Terrains	8 754 016,16	1 986 407,10	6 767 609,06	6 842 576,06
Constructions	128 196 553,69	89 163 752,69	39 032 801,00	40 622 460,00
Installations techniques, matériels et outillages	406 326 756,34	313 490 073,34	92 836 683,00	98 248 449,00
Collections	872 856,49	0,00	872 856,49	872 856,49
Biens historiques et culturels	0,00	0,00	0,00	0,00
Autres immobilisations corporelles	42 540 848,57	34 012 751,99	8 528 096,58	4 664 759,00
Immobilisations mises en concession	0,00	0,00	0,00	0,00
Immobilisations corporelles en cours	622 426,08	0,00	622 426,08	622 426,08
Avances et acomptes sur commandes	49 564 151,72	0,00	49 564 151,72	47 418 317,27
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	21 249 460,69	695 231,72	20 554 228,97	14 703 945,20
TOTAL ACTIF IMMOBILISÉ	714 886 981,58	480 882 124,18	234 004 857,40	229 280 206,83
ACTIF CIRCULANT				
Stocks	0,00	0,00	0,00	0,00
Créances	64 387 304,69	634 339,41	63 752 965,28	56 997 358,99
Créances sur des entités publiques (État, autres entités publiques), des organismes internationaux et la Commission européenne	49 312 726,80	0,00	49 312 726,80	46 803 720,82
Créances clients et comptes rattachés	7 391 044,04	634 339,41	6 756 704,63	3 877 532,67
Créances sur les redevables (produits de la fiscalité affectée)	0,00	0,00	0,00	0,00
Avances et acomptes versés sur commandes	953 064,34	0,00	953 064,34	190 519,17
Créances correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	0,00	0,00	0,00
Créances sur les autres débiteurs	6 730 469,51	0,00	6 730 469,51	6 125 586,33
Charges constatées d'avance	20 745,82	0,00	20 745,82	0,00
TOTAL ACTIF CIRCULANT	64 408 050,51	634 339,41	63 773 711,10	56 997 358,99
TRÉSORERIE				
Valeurs mobilières de placement	0,00	0,00	0,00	0,00
Disponibilités	107 517 483,93	0,00	107 517 483,93	122 050 683,29
Autres	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL TRÉSORERIE	107 517 483,93	0,00	107 517 483,93	122 050 683,29
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	886 812 516,02	481 516 463,59	405 296 052,43	408 328 249,11

BILAN PASSIF**2021****2020****FONDS PROPRES**

Financements reçus	155 186 148,78	160 142 355,04
Financement de l'actif par l'État	104 534 680,49	108 071 920,43
Financement de l'actif par des tiers	36 496 033,31	37 200 255,63
Fonds propres des fondations	0,00	0,00
Écarts de réévaluation	14 155 434,98	14 870 178,98
Réserves	125 276 819,59	63 164 159,37
Report à nouveau	18 688 977,64	19 104 507,72
Résultat de l'exercice	-2 809 281,72	61 397 916,22
Provisions réglementées	0,00	0,00
TOTAL FONDS PROPRES	296342664,29	303 808 938,35

PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES

Provisions pour risques	3 170 194,53	2 954 700,04
Provisions pour charges	35 443 240,45	36 728 110,67
TOTAL PROVISIONS POUR RISQUES ET CHARGES	38 613 434,98	39 682 810,71

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	12 462 534,66	7 874 012,45
Dettes fiscales et sociales	28 115 568,45	27 773 972,63
Avances et acomptes reçus	28 198 166,79	26 393 163,13
Dettes correspondant à des opérations pour comptes de tiers (dispositifs d'intervention)	0,00	0,00
Autres dettes non financières	906 868,92	2 165 489,72
Produits constatés d'avance	656 390,00	629 862,12
TOTAL DETTES NON FINANCIÈRES	70 339 528,82	64 836 500,05

TRÉSORERIE

Autres éléments de trésorerie passive	424,34	0,00
TOTAL TRÉSORERIE	424,34	0,00
Comptes de régularisation	0,00	0,00
Écarts de conversion Passif	0,00	0,00
TOTAL GÉNÉRAL	405 296 052,43	408 328 249,11

Compte de résultat

CHARGES	2021	2020
CHARGES DE FONCTIONNEMENT		
Achats	0,00	0,00
Consommation de marchandises et approvisionnements, réalisation de travaux et consommation directe de services par l'organisme au titre de son activité ainsi que les charges liées à la variation des stocks	104 230 398,80	93 550 076,08
Charges de personnel	100 009 398,29	95 306 302,94
Salaires, traitements et rémunérations diverses	68 112 108,06	65 256 136,17
Charges sociales	26 701 117,65	25 903 313,59
Autres charges de personnel	0,00	0,00
Autres charges de fonctionnement	12 761 136,62	16 197 845,08
Dotations aux amortissements, dépréciations, provisions et valeurs nettes comptables des actifs cédés	23 202 583,11	26 339 002,79
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT	240 203 516,82	231 393 226,89
CHARGES D'INTERVENTION		
Dispositif d'intervention pour compte propre	24 500,00	5 000,00
Transfert aux ménages	0,00	0,00
Transferts aux entreprises	0,00	0,00
Transferts aux collectivités territoriales	0,00	0,00
Transferts aux autres entités	24 500,00	5 000,00
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	24 500,00	5 000,00
TOTAL CHARGES DE FONCTIONNEMENT ET D'INTERVENTION	240 228 016,82	231 398 226,89
CHARGES FINANCIÈRES		
Charges d'intérêt	645,00	119,08
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement	0,00	0,00
Pertes de change	22 939,85	20 812,49
Autres charges financières	0,00	0,00
Dotations aux amortissements, dépréciations et aux provisions financières	353 037,11	249 093,05
TOTAL CHARGES FINANCIÈRES	376 621,96	270 024,62
Impôt sur les sociétés	597 638,00	597 638,00
RÉSULTAT DE L'ACTIVITÉ (BÉNÉFICE)	0,00	61 397 916,22
TOTAL CHARGES	240 441 701,78	293 663 805,73

PRODUITS	2021	2020
PRODUITS DE FONCTIONNEMENT		
Produits sans contrepartie directe (ou subventions et produits assimilés)	209 365 138,72	205 140 169,48
Subventions pour charges de service public	175 639 074,00	173 359 654,00
Subventions de fonctionnement en provenance de l'État et des autres entités publiques	33 726 064,72	31 773 015,48
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	7 500,00
Produits de la fiscalité affectée	0,00	0,00
Autres charges financières	0,00	0,00
PRODUITS AVEC CONTREPARTIE DIRECTE (OU PRODUITS DIRECTS D'ACTIVITÉ)		
Ventes de biens ou prestations de services	12 297 968,27	13 303 651,20
Produits de cessions d'éléments d'actif	23 006,61	52 712 407,92
Autres produits de gestion	1 728 914,49	2 201 497,96
Production stockée et immobilisée	0,00	0,00
AUTRES PRODUITS		
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions (produits de fonctionnement)	1 617 929,56	6 997 236,60
Reprises du financement rattaché à un actif	12 576 101,47	12 937 606,59
TOTAL PRODUITS DE FONCTIONNEMENT	237 609 059,12	293 292 569,75
PRODUITS FINANCIERS		
Produits des participations et des prêts	15 733,08	8 988,90
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	7 627,86	12 268,11
Autres produits financiers	0,00	0,00
Reprises sur amortissements, dépréciations et provisions financières	0,00	349 978,97
TOTAL PRODUITS FINANCIERS	23 360,94	371 235,98
RÉSULTAT DE L'ACTIVITÉ (PERTE)	2 809 281,72	0,00
TOTAL PRODUITS	240 441 701,78	293 663 805,73

Conseil d'administration

Président

François HOULLIER,
Président-Directeur général

Membres représentants de l'État

*Ministère de l'Enseignement supérieur,
de la Recherche et de l'Innovation*
Lise FECHNER, titulaire
Didier MARQUER, suppléant

Ministère chargé de la Mer

Thierry COURTINE, titulaire
Marie FEUCHER, suppléante

Ministère chargé des Pêches maritimes et des Cultures marines

Laurent BOUVIER, titulaire
Laureline GAUTHIER, suppléante

Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères

Jérémy FORRAT-JAIME, titulaire
Baptiste BONDU, suppléant

Ministère des Armées

Gilles BOIDEVEZI, titulaire
Bertrand DRESCHER, suppléant

Ministère chargé de l'Industrie

Laurence MEGARD, titulaire
Hugues de FRANCLIEU, suppléant

Ministère de l'Economie, des Finances et de la Relance

Isabelle THIRION, titulaire
Colin THOMAS, suppléant

Ministère de la Transition écologique

Fabienne RICARD, titulaire
Isabelle TERRIER, suppléante

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

Françoise GAILL
Julien LAMOTHE
Frédéric MONCANY DE SAINT-AIGNAN

Au titre des ressources vivantes

Elsa CORTIJO
Valérie VERDIER

Représentants élus du personnel de l'Ifremer

CFDT

Catherine TREGUIER
Loïc LE DEAN
Marie-Anne CAMBON BONAVIDA
Abdellah BENABDELMOUNA

CGT

Eric ABADIE
Carla SCALABRIN
Jean-Michel SCHRAMM

Membres avec voix consultative

Commissaire du gouvernement
Vincent MOTYKA

Secrétaire général de la Mer

Denis ROBIN
Patrick AUGIER, suppléant

Contrôle général économique et financier
Jean BEMOL

Ministère des Outre-Mer

Camille SERVETTO

Président du Comité scientifique de l'Ifremer

Patrick LANDAIS

Agent comptable de l'Ifremer

Didier JAOUEN

Comité scientifique

Président

Patrick LANDAIS

Membres nommés par arrêté

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

Membres représentants du personnel de l'Ifremer

Jean-François PEPIN
Marie-Anne CAMBON BONAVIDA
suppléante
Caroline MONTAGNANI
Christophe DESBOIS *suppléant*
Julien NORMAND
Ricardo DA SILVA JACINTO
suppléant

Invités permanents

Nicolas ARNAUD
Didier GASCUEL
François LALLIER
Frédéric MENARD
Sylvie REBUFFAT

Comité d'éthique commun

Président du Comité d'éthique

Michel BADRÉ

Vice-présidente du Comité d'éthique

Bernadette BENSAUDE-VINCENT

Madeleine AKRICH
Céline BOUDET
Catherine BOYEN
M. Denis COUVET
Mireille DOSSO
Mark HUNYADI
M. Youba SOKONA
Louis-Etienne PIGEON
Marie-Geneviève PINSART
Pere PUIGDOMENECH
Hervé THÉRY

Comité des parties prenantes

Co-présidents

Geneviève PONS
Sébastien TREYER

Collège des entreprises et artisans du monde maritime

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

Collège des élus et représentants des territoires

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

Collège des associations et ONG

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

Collège des travailleurs du maritime

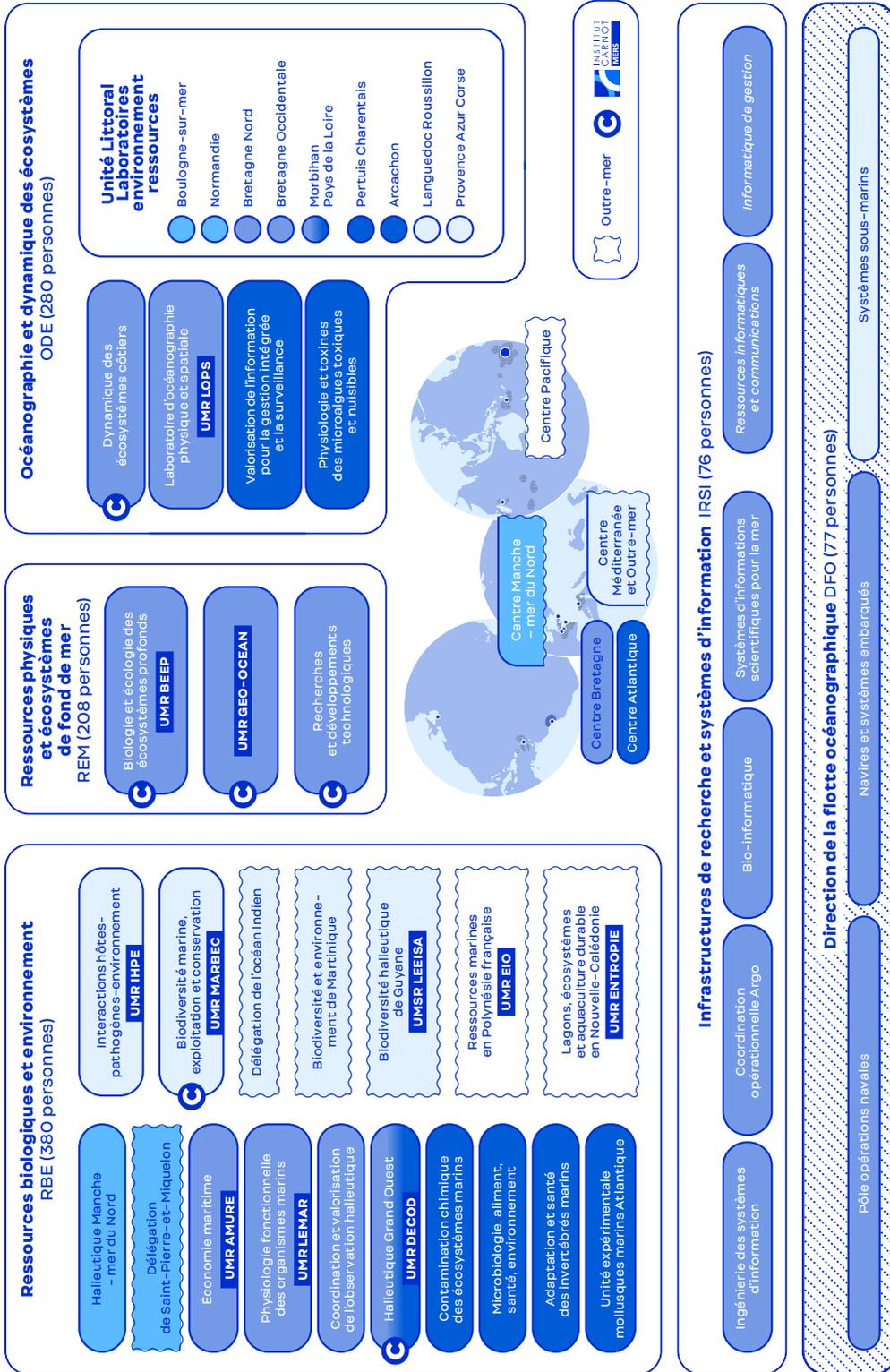
Thierry LE GUEVEL
Marie-Noëlle TINE DYEUVRE

Collège des citoyens engagés

Marion BOURHIS
David GUILLERME
Simon RONDEAU

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

Organisation des services et unités de recherche scientifiques et technologiques de l'Iframer au sein des quatre départements scientifiques – Au 1^{er} janvier 2022



Organisation générale

Fonctionnaire sécurité & défense
Vincent Rigaud

**Déléguée à la déontologie
et à l'intégrité scientifique**
Marianne Alunno-Bruscia

**Délégué à la protection des données
(RGPD) Mission DD & RSE**
Jean-Marc Sinquin

**Coordinatrice nationale
qualité-sécurité**
Marie-Laure Chao

François Houllier
**Président directeur
général**

Patrick Vincent
**Directeur général
délégué**

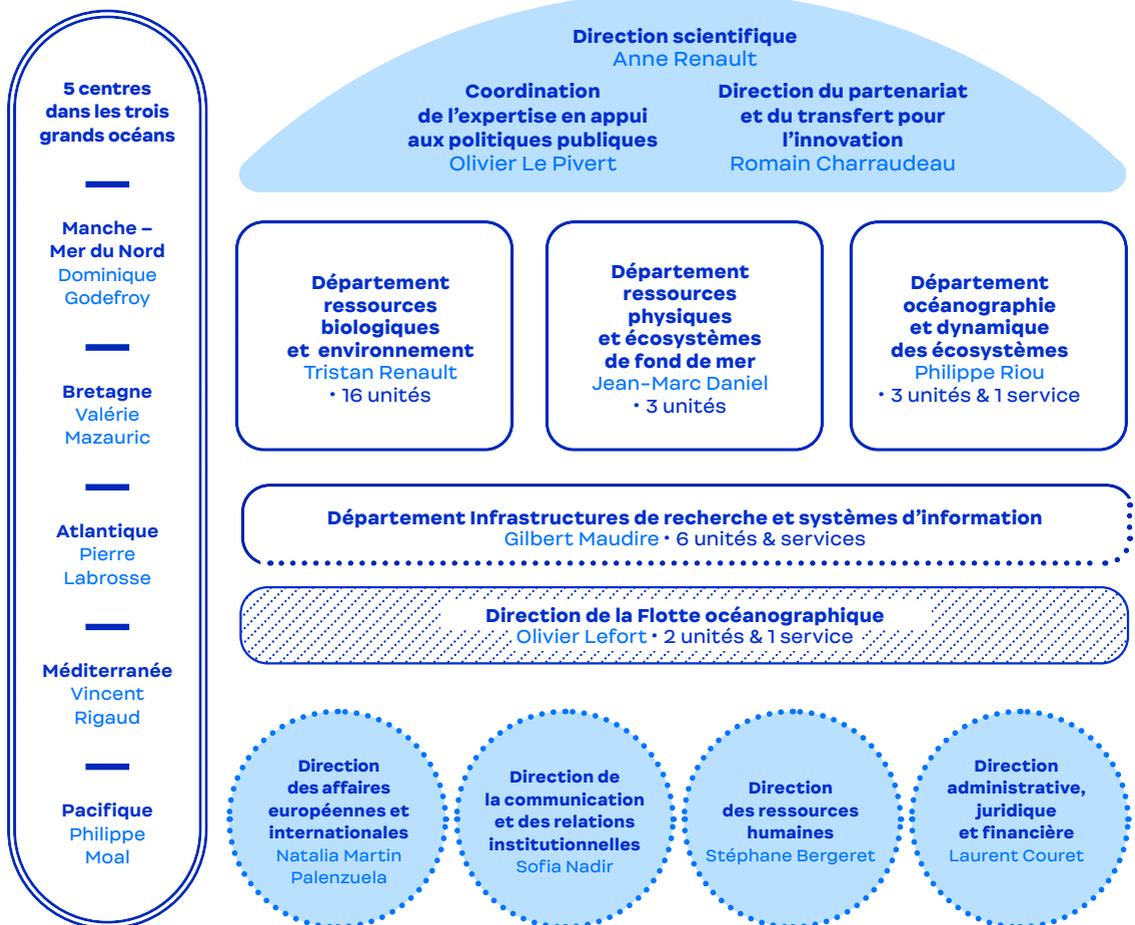
Agence comptable
Didier Jaouen



Éric Derrien
(directeur général)



Jean-Marc Daniel
(directeur)



Colophon

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 Éric Robert — Dire l'Entreprise

Design graphique

Jérémy Barrault, Sylvain Levrouw & Fabien Coupas

Impression Média Graphic

Ce document est imprimé sur du papier
Nautilus super white 100 % recyclé 90 g et 200 g



