



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

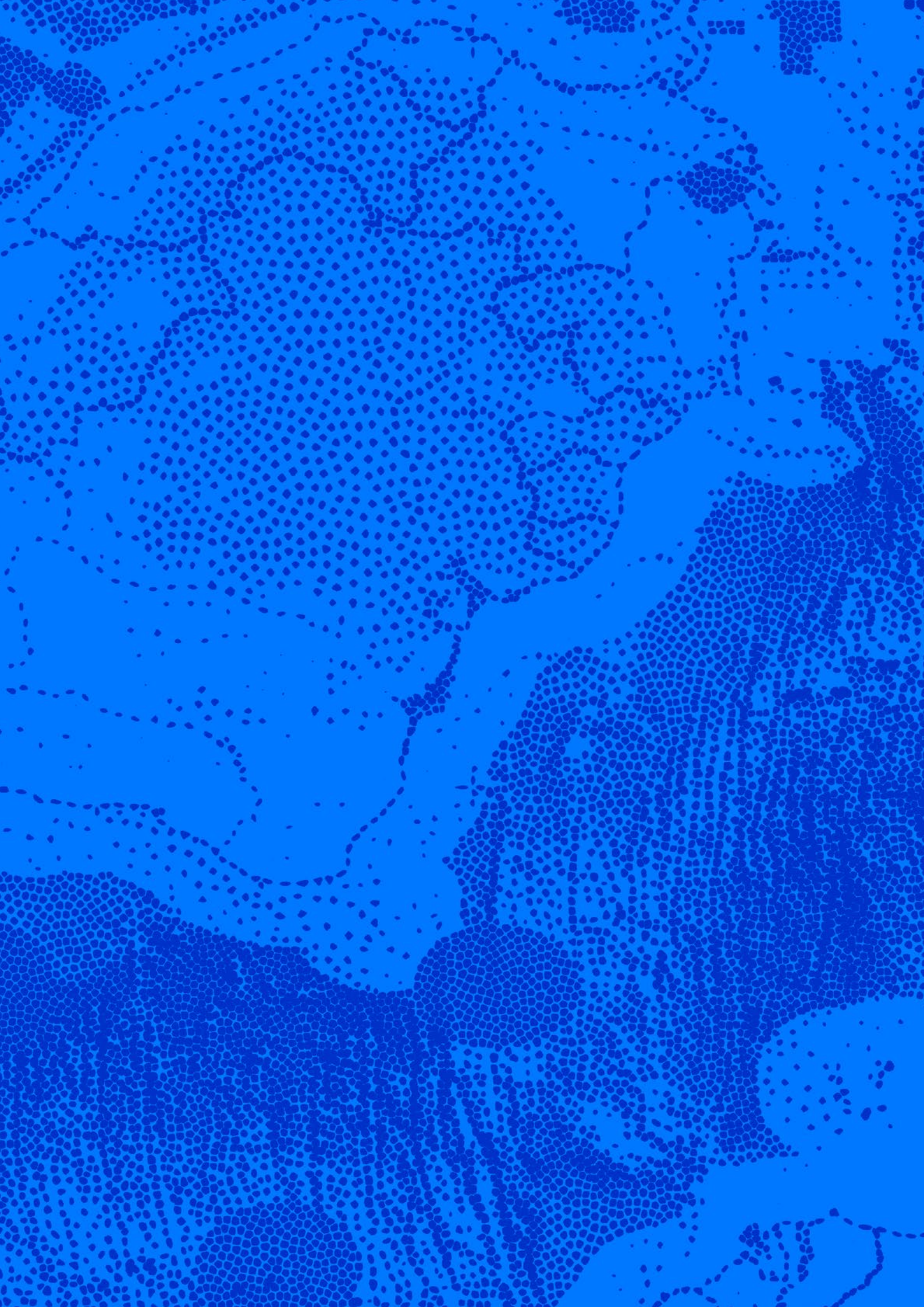
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Relever les grands défis sociétaux: des sciences océaniques essentielles pour le décideur et le citoyen

Activités scientifiques
en appui aux
politiques publiques

Bilan 2023



Activités scientifiques en appui aux politiques publiques : bilan 2023

4 Introduction	4 L'appui aux politiques publiques à l'Ifremer 5 Principaux bénéficiaires de l'expertise scientifique et technique de l'Ifremer en appui aux politiques publiques
6 Protéger et restaurer les écosystèmes marins	7 Biodiversité marine, écosystèmes et qualité de l'eau 10 Pollutions et contaminants 13 Événements extrêmes et protection des citoyens
16 Gérer durablement les ressources marines	17 Gestion des ressources halieutiques 22 Gestion des ressources aquacoles 25 Protection sanitaire du consommateur de coquillages 29 Développement des énergies marines renouvelables (EMR) 33 Grands fonds marins, ressources minérales et souveraineté nationale
36 Partager les données et les informations marines	37 Océan numérique & modélisation, capteurs & systèmes de mesure
41 Postface	41 Le mot du président-directeur général de l'Ifremer

L'appui aux politiques publiques à l'ifremer

L'Ifremer produit et mobilise les meilleures connaissances scientifiques pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques. Cette mission se prolonge dans le débat public, auquel l'Institut contribue sur la base de ses compétences scientifiques. Réciproquement, les questions adressées par les pouvoirs publics et la société civile nourrissent la dynamique de recherche de l'Institut et l'élaboration de notre stratégie scientifique. Les activités de surveillance et d'expertise en appui aux politiques publiques constituent l'une des quatre composantes majeures des activités de l'Ifremer et mobilisent environ un tiers des personnels de l'Institut. Inscrites dans les trois raisons d'être de l'Ifremer, *Protéger et restaurer les écosystèmes marins*, *Gérer durablement les ressources marines*, *Partager les données et les informations marines*, ces activités répondent à deux enjeux fondamentaux pour notre société : d'une part, la prise en compte des données et connaissances scientifiques dans les décisions collectives ; d'autre part, le développement durable et l'intégration de ses dimensions environnementales, sociales et économiques.

Par son expertise propre ou par sa capacité à mettre en réseau les autres établissements œuvrant dans le champ des sciences et technologies marines, l'Ifremer appuie l'État et ses opérateurs dans la mise en œuvre de la politique commune des pêches (Politique commune des pêches), des directives-cadres marines (Directives-cadre : sur l'eau, stratégie pour le milieu marin, planification de l'espace maritime), des politiques publiques en matière de santé animale et humaine, de développement de l'aquaculture, de déploiement des énergies marines renouvelables, ou bien encore d'extension de la souveraineté nationale...

Les activités d'expertise scientifique font l'objet

d'un questionnement éthique et déontologique croissant au sein du monde de la recherche, en réaction à une sensibilité grandissante de la société. L'Ifremer a fixé depuis longtemps les principes et les conditions au travers desquels il apporte son expertise scientifique aux pouvoirs publics et à la société. Régulièrement mise à jour, la Charte de l'expertise et de l'avis de l'Ifremer s'inscrit dans le cadre plus général de la charte nationale de l'expertise adoptée en 2009. Elle garantit la qualité et l'impartialité de l'expertise menée au nom de l'Ifremer vis-à-vis de tout intérêt, public ou privé. Elle est la pierre angulaire des activités d'expertise menées par l'Institut. L'Ifremer a par ailleurs défini des procédures qualité pour la surveillance et les expertises, qui sont partie intégrante du système de management de la qualité ISO 9001.

Les objectifs fixés par le contrat d'objectifs et de performance (COP 2019-2023) de l'Institut en matière d'appui aux politiques publiques (APP) sont : de maintenir une expertise de qualité, en identifiant notamment les enjeux sur lesquels la société (au sens large) a des attentes ; de transférer les résultats issus de la recherche pour concevoir des politiques publiques plus efficaces ; de soutenir la préparation des politiques publiques de demain. Le COP énonce enfin un objectif partagé entre l'Ifremer et ses tutelles en matière de financement de ces activités : pour chaque action, une évaluation est menée pour déterminer si elle relève d'une commande publique (l'objectif de financement par le commanditaire est de 80 % des coûts complets) ou d'une action à intérêt partagé (l'objectif de financement par le commanditaire est alors de 50 %). Cet objectif a été rappelé, en 2019, par la Cour des Comptes lors de son audit de l'Institut.

Principaux bénéficiaires de l'expertise scientifique et technique de l'Ifremer en appui aux politiques publiques

Ministères de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT) et de la Transition Energétique (MTE)

La convention-cadre pluriannuelle 2019-2023 avec les Directions générales de l'aménagement, du logement et de la nature, de l'énergie et du climat et le Commissariat général au développement durable se décline en conventions pluriannuelles avec la direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), la direction générale de l'Energie et du Climat (DGEC) et le commissariat général au Développement durable (CGDD). À cela s'ajoute une convention-cadre entre le MTECT, l'Ifremer et le Bureau des ressources géologiques et minières (BRGM) pour la période 2022-2031. Politiques publiques soutenues : qualité des milieux marins et littoraux, impacts des activités humaines en mer, ressources minérales marines non énergétiques.

Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire (MASA)

Les activités s'inscrivent dans une convention-cadre pluriannuelle 2022-2024 avec la direction générale de l'Alimentation (DGAL). Politiques publiques soutenues : protection sanitaire du consommateur, gestion des ressources conchyliques.

Secrétariat d'État chargé de la Mer

Les activités font l'objet de conventions annuelle et bisannuelle avec la Direction générale des affaires maritimes, de la pêche et de l'aquaculture (DGAMPA). Politiques publiques soutenues : gestion des ressources halieutiques, gestion des ressources aquacoles.

Office français de la biodiversité (OFB)

Les activités sont menées dans le cadre d'une convention de coopération public-public. Politiques publiques soutenues : qualité des milieux marins et littoraux.

Agences de l'Eau (AE)

Les activités sont menées dans le cadre de conventions de coopération public-public avec les cinq agences de l'eau. Politiques publiques soutenues : qualité des milieux marins et littoraux.

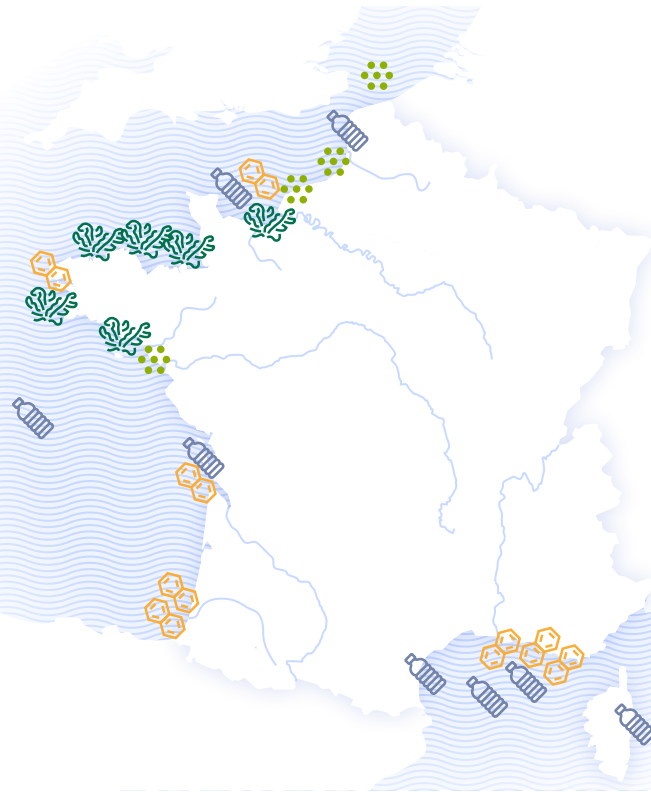
Secrétariat général pour l'investissement (SGPI)

Les activités sont menées dans le cadre de France2030. Politiques publiques soutenues : grands fonds marins, ressources minérales marines non énergétiques et souveraineté nationale.

Protéger et restaurer les mers et l'océan

Biodiversité marine, écosystèmes et qualité de l'eau

Les directives-cadre européenne ont fixé aux États-membres de l'Union européen les objectifs d'atteinte du bon fonctionnement des écosystèmes marins (diversité biologique conservée et interactions correctes entre les espèces et leurs habitats, océans dynamiques et productifs) et des eaux littorales, tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures dans une perspective de développement durable.



État écologique du littoral : les points critiques

-  Efflorescences de microalgues
-  Prolifération d'algues vertes
-  Contaminants chimiques
-  Déchets marins

↑ Fig. 1a

L'évaluation de l'état du milieu marin permet d'identifier les zones géographiques les plus affectées par chacune des pressions surveillées
Crédits : Ifremer

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- Pour l'Ifremer, au titre de la mission de coordination scientifique de l'évaluation du Bon état écologique pour le cycle 3 de la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), l'année a été marquée par la production des synthèses environnementales par façade en amont du lancement du débat public national *la Mer en débat*. Cette activité a consisté en la production de 60 synthèses, une pour chacune des 15 thématiques de la directive. Ces synthèses sont accessibles sur le site de la Commission nationale du débat public, rubrique façades maritimes/ressources complémentaires (fig. 1 b).

↑ Fig. 1b

Synthèse



- Au titre du partenariat public-public avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), l'Ifremer a assuré la conception et le transfert aux gestionnaires de lagunes d'un outil d'analyse et de compréhension du fonctionnement des écosystèmes lagunaires eutrophisés. Cet outil constitue une aide à la décision pour tester des actions et des aménagements en vue de leur restauration.

Renforcer le dialogue avec la société

- La conférence de presse « Surveiller le littoral » en juillet 2023 a présenté un état des lieux mis à jour des sites présentant des difficultés récurrentes au regard des programmes de surveillance conduit par l'Institut. Si depuis 30 ans, l'Ifremer fait le constat que certains indicateurs de l'état du milieu marin s'améliorent, néanmoins, des pollutions nouvellement identifiées s'ajoutent aux pressions plus anciennes. Ainsi, il reste des zones à risque de prolifération d'algues (eutrophisation), avec notamment des efflorescences de microalgues entre les embouchures de la Seine et de la Somme et dans les estuaires de la Loire et de la Vaine, ainsi que des échouages d'algues vertes dans plusieurs baies du nord de la Bretagne. Des contaminants d'usage plus récent, comme les PFAS (composés perfluoroalkylés et polyfluoroalkylés) ou « polluants éternels », s'ajoutent à des contaminants anciens qui persistent (polychlorobiphényles et métaux lourds). Les déchets constituent une pollution persistante des milieux marins, y compris dans des zones que l'on pensait préservées des impacts des activités humaines comme les canyons sous-marins (fig. 1a).



- Des eaux de couleur rouge ont été observées le 18 février dans la baie d'Audierne (Finistère sud). Ces observations attestent d'un bloom de *Mesodinium rubrum* qui est suspecté d'être un précurseur de *Dinophysis*. C'est la première fois que ce phénomène est observé si tôt dans l'année, en plein hiver. Cet épisode exceptionnel rappelle que les efflorescences de microalgues sont imprévisibles et pourraient l'être plus encore dans le contexte du changement climatique. Cet épisode a permis de rappeler l'utilité du programme de sciences participatives *Phenomer* qui s'étend aujourd'hui à toutes les façades maritimes de l'hexagone grâce aux structures relais (sports et loisirs nautiques, associations d'éducation à l'environnement, professionnels de la mer, capitaineries, plaisanciers...) qui ont rejoint le programme. Il invite chacun à signaler les phénomènes d'eaux colorées observées sur le site web ou sur l'application. Pour chaque signalement, il est nécessaire de prendre une photo et idéalement de réaliser un prélèvement d'eau pour permettre aux scientifiques d'identifier l'espèce à l'origine du phénomène (fig. 2).

Recherches en appui aux politiques publiques

- Parmi les effets du changement climatique sur l'océan côtier, l'occurrence des événements hydro-météorologiques extrêmes (tempêtes, fortes précipitations) est un indicateur des évolutions et des contraintes que subit cette région. Ces phénomènes extrêmes sont pour certains de plus en plus intenses et fréquents et impactent directement les réponses de l'écosystème (vagues de chaleur marines, crues/étiages). Le projet COXTCLIM, structuré autour de la thèse de Coline Poppeschi, a permis mieux comprendre les réponses de l'environnement côtier à ces extrêmes à l'aide des observations à haute fréquence collectées par le réseau d'observation COAST-HF. Après avoir exploré dans le projet les réponses de l'océan côtier en termes de production phytoplanktonique et de turbidité, il a été montré en 2023 l'augmentation de la fréquence et de la durée des vagues marines de chaleur dans le golfe de Gascogne et la Manche avec des années marquées en termes de « canicules marines » en 2022 (forts événements en Manche) et 2023 (forts événements dans le golfe de Gascogne).

Ce projet a ainsi permis d'identifier les mécanismes de réponse de l'océan côtier aux événements hydro-météorologiques extrêmes et ainsi amener des propositions de potentiels indicateurs qui pourront accompagner les gestionnaires du littoral dans leurs démarches d'adaptation aux événements en cours et à venir.

↑ Fig. 2

Image prise le 20 février 2023 par le satellite européen Sentinel-2 (programme Copernicus) atteste de la présence d'eaux rouges typiques d'un bloom de *Mesodinium rubrum*, autour de l'île de Groix (Morbihan)
Crédits : Pierre Gernez

Bibliographie

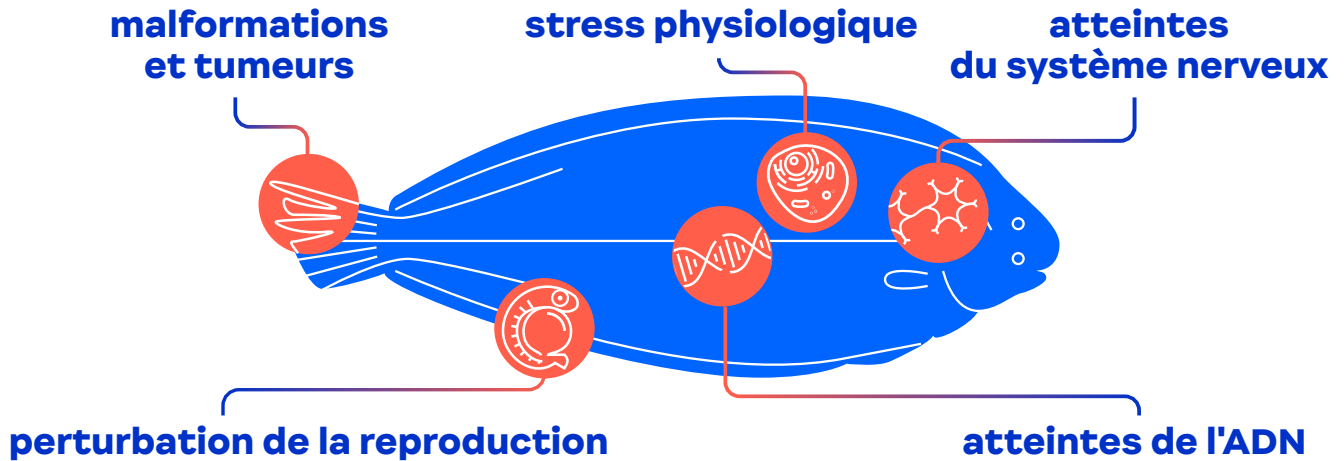
Poppeschi Coline (2023). *Towards understanding coastal environment responses to extreme events in a context of climate change*. PhD Thesis, Université de Bretagne Occidentale.

A. Simon, C. Poppeschi, S. Plecha, G. Charria, and A. Russo. *Coastal and regional marine heatwaves and cold spells in the northeastern Atlantic*, *Ocean Science*, 19, 1339–1355, <https://doi.org/10.5194/os-19-1339-2023>, 2023.

Pollutions et contaminants

Les actions sur cette thématique, en particulier le réseau de surveillance ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination Chimique), relèvent soit des programmes pour le Ministère chargé de l'environnement et ses opérateurs (OFB, AE), soit s'inscrivent dans le contexte de la protection sanitaire du consommateur. Dans ce contexte, l'Ifremer appuie le Ministère chargé de l'agriculture, en assurant la conformité des zones de production conchylicole aux normes de contamination chimique.

Les effets des contaminants chimiques sur les organismes marins



Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- Pour le volet « Environnement », la campagne sédimentaire 2023 a permis de collecter des échantillons d'une vingtaine d'étangs et lagunes littorales de la façade méditerranéenne, avec le soutien de l'AERMC. Elle vient actualiser les campagnes précédentes et en particulier celle de 2017, avec une stratégie d'échantillonnage renforcée. La synthèse des résultats est prévue pour mi-2024, avec la remise à plat de la stratégie d'échantillonnage pour les suivis futurs. Les objectifs établis avec l'AERMC sont, pour le court terme, l'identification de rejets particuliers (« hot spots »), pour le moyen terme l'actualisation du diagnostic de la qualité chimique et sur le plus long terme l'étude d'évolutions éventuelles depuis la campagne de 1996.
- Pour le volet « sanitaire », en 2023, l'analyse des contaminants organiques a été élargie à certains per- et poly-fluoroalkylées (PFAS) ajoutés début 2023 à la liste des contaminants réglementés, en commençant par analyser une quinzaine d'échantillons de mollusques. L'inventaire des niveaux en PFAS des zones conchylicoles sera élargi à l'ensemble des points de suivi ROCCH sanitaires en 2024. Par ailleurs, le suivi de l'arsenic inorganique est initié sur les échantillons collectés en 2023 sous la responsabilité des professionnels (Comité national de la conchyliculture), afin d'alimenter les réflexions des groupes européens dans la définition de valeurs seuil.

Renforcer le dialogue avec la société

- La conférence de presse « Surveiller le littoral » a valorisé ce que les suivis à long terme conduits dans le cadre du ROCCH depuis la fin des années 1970, qui portent sur plus de 100 sites et 150 molécules (métaux lourds, pesticides, polluants industriels) nous apprennent de la contamination du littoral. Ainsi, la concentration en contaminants chimiques historiques a beaucoup diminué comme pour l'insecticide DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane), interdit en 1971. Le cas du TBT (tributyl étain), composé utilisé dans les produits anti-salissures et de traitement du bois, et notamment sur les coques des navires jusqu'en 2003, illustre le besoin de surveiller les métabolites (ici dibutylétains – DBT – et monobutylétains – MBT) d'un composé d'intérêt, qui peuvent présenter une toxicité pour les écosystèmes. En l'espèce, malgré une diminution importante des niveaux de TBT dans les eaux côtières, la teneur en MBT chez les mollusques reste par exemple importante à Hendaye et est le signe d'une contamination ancienne en lente amélioration. Les pollutions par les métaux lourds montrent en revanche une persistance longue, y compris après l'extinction des activités qui en sont à l'origine.

↑ Fig. 3

L'exposition aux contaminants chimiques peut impacter les espèces marines à différentes échelles, en affectant leurs fonctions biologiques
Crédits : Ifremer

La surveillance doit également s'adapter à la mise sur le marché de nouveaux composés qui viennent en remplacement de produits réglementés. C'est l'objet des programmes Veille POP depuis 2010 et Emergent'Sea depuis 2020, qui sont cofinancés par l'OFB.

En complément aux dispositifs de surveillance qui permettent de suivre des molécules identifiées pour leur toxicité individuelle connue, la préoccupation des scientifiques est de pouvoir rendre compte des impacts engendrés par l'exposition à un ensemble de contaminants chimiques. Ces molécules, individuellement nocives ou non, peuvent agir en synergie sur les organismes vivants et voir leur toxicité renforcée ou l'apparition de nouveaux effets, qui peuvent se manifester même avec des doses faibles de contaminants. Depuis 2017, les campagnes de Suivi des effets biologiques induits (SELI) permettent de mesurer les signes biologiques de toxicité sur la sole dans les estuaires de la Seine et de la Loire-Vilaine. Les résultats suggèrent que les effets persistent à distance de l'embouchure des fleuves, où la contamination est plus réduite. En deçà des seuils d'alerte pour chaque polluant individuellement, l'accumulation de composés chimiques peut ainsi provoquer des effets mesurables sur les espèces vivant à la côte et au large (fig. 3).

La veille de l'Ifremer sur les contaminants chimiques s'élargit également en s'appuyant sur de nouvelles analyses, dites « non ciblées » : à l'aide d'instruments de haute technologie, les scientifiques cherchent à identifier l'ensemble des molécules présentes dans un échantillon, et pas uniquement les contaminants déjà connus.

La conférence de presse présentait également les connaissances de l'Ifremer concernant la pollution des océans en déchets, macro ou micro, flottants ou au fond, et leurs effets sur l'environnement (dispersion d'espèces invasives, étranglements et contaminations...).

Recherches en appui aux politiques publiques

- Au titre du partenariat avec l'AERMC, l'année 2023 a permis de valoriser les données des campagnes de surveillance de l'état de la contamination chimique en Méditerranée : Le biomonitoring actif de la contamination chimique conduit dans les eaux côtières de la Méditerranée française depuis plus de deux décennies tend à montrer une tendance à l'augmentation des concentrations en contaminants métalliques et une tendance à la baisse des composés organiques, en particulier des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Sur la base d'une comparaison spatiale relative, la situation en 2021 se caractérise par des concentrations faibles sur la plupart des sites (> 83 %) et des niveaux modérés à élevés à proximité des principaux centres urbains industriels (e.g. Marseille, Toulon) et près des embouchures des fleuves (e.g. Rhône, Var).
- Grâce au capteur de microplastiques embarqué sur son Imoca Nexans – Art & Fenêtres, Fabrice Amedeo collecte des échantillons tout au long des courses sur lesquelles il s'engage. L'objectif de cette mission, menée en partenariat avec l'Ifremer, l'Université de Bordeaux et l'Institut de recherche pour le développement est double : établir une cartographie de la pollution par les microplastiques dans les eaux de surface océanique et évaluer leur imprégnation chimique et leur toxicité. Dans le cadre de ce projet, l'unité recherche et développement technologique a développé une méthode semi-automatisée d'identification des particules.
- Le projet Surimi (cofinancé par l'Agence nationale de la recherche – ANR) avait pour objectif de développer des capteurs de multi-éléments métalliques qui seront utilisés pour la surveillance de la pollution des eaux douces au cadmium, mercure, plomb et nickel et pour développer un système sous-marin d'évaluation rapide des concentrations de nickel, cuivre, zinc et plomb en eau de mer. Ce développement est basé sur deux techniques innovantes : sur l'Imagerie de Résonance des Plasmon de Surface fonctionnalisé par des Polymères à Empreinte Ionique. Ce projet a démontré le potentiel élevé d'un des polymères à empreinte ionique utilisé et du protocole d'extraction en phase solide développé pour des échantillons différents et complexes. Ce polymère à empreinte ionique optimisé sera utilisé par la suite pour concevoir la partie sensible du capteur optique en charge de l'imagerie de résonance des plasmons de surface. Ce travail ouvre des voies d'analyse tout à fait intéressante pour l'analyse des pollutions aux métaux dans les eaux naturelles.

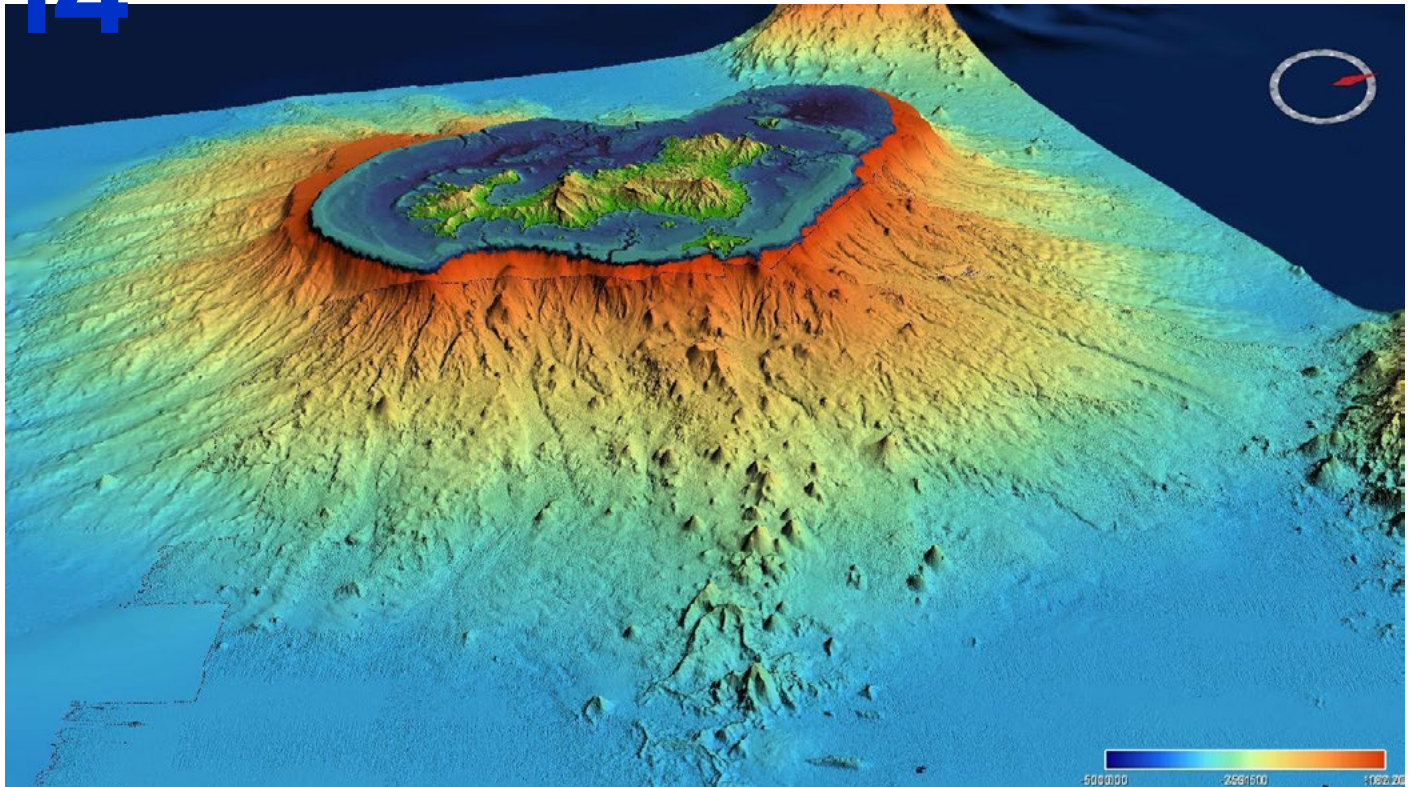
Bibliographie

Briand Marine, Herlory Olivier, Briant Nicolas, Brach-Papa Christophe, Boissery Pierre, Bouchoucha Marc (2023). *The French Mussel Watch: More than two decades of chemical contamination survey in Mediterranean coastal waters*. Marine Pollution Bulletin, 191, 114901 (9 p.). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114901>

Cao Pengchao, Pichon Valerie, Dreanno Catherine, Boukerma Kada, Delaunay Nathalie (2023). *Development of ion-imprinted polymers for the selective extraction of Cu(II) ions in environmental waters*. Talanta, 256, 124295 (11 p.). <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124295>

Événements extrêmes et protection des citoyens

Depuis mai 2018, Mayotte est soumise à un phénomène sismo-volcanique. Avec le soutien et pour le compte des ministères chargés de l'environnement, des Outre-mer et de la recherche, la communauté scientifique s'est mobilisée pour comprendre ce phénomène nouveau et caractériser rapidement les risques pour les populations. L'État a confié la mission de surveillance de cette zone volcanique au réseau de surveillance volcanologique et sismologique de Mayotte (REVOSIMA). Dans ce cadre, l'Ifremer, le BRGM, l'Institut de physique du globe de Paris et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) acquièrent des données géophysiques marines permettant la production de cartes bathymétriques et de réflectivité du fond marin, et l'analyse des panaches acoustiques causés par des émissions de fluides dans la colonne d'eau. Ils maintiennent également un réseau d'instruments sous-marins, notamment des sismomètres de fond de mer qui enregistrent les ondes générées par les séismes et permettent la localisation de leur source avec précision. En 2023, les phénomènes observés se sont caractérisés par une relative stabilité à un niveau d'activité qualifié de faible. Cependant, la chaîne volcanique orientale de Mayotte, toujours active, impose la poursuite d'une surveillance attentive.



↑ Fig. 4

Modélisation des profondeurs des fonds marins mahorais. Crédits : IPGP, BRGM, Ifremer, CNRS (2019).

Bibliographie

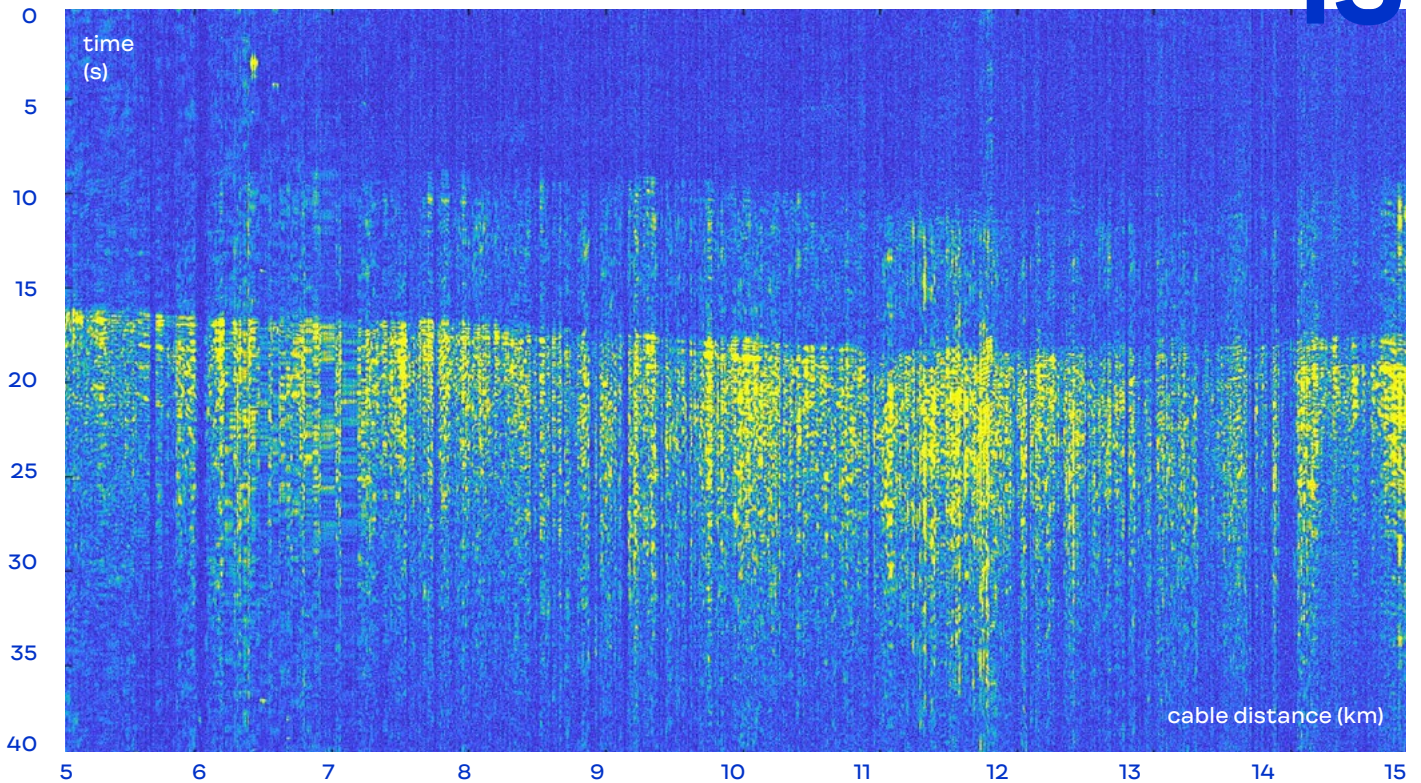
Mastin Manon, Cathalot Cecile, Fandino Olivia, Giunta Thomas, Donval Jean-Pierre, Guyader Vivien, Germain Yoan, Scalabrin Carla, Dehez Sébastien, Jouenne Stéphane, Gaucher Eric C., Rouxel Olivier, Rinnert Emmanuel (2023). *Strong geochemical anomalies following active submarine eruption offshore Mayotte*. Chemical Geology, 640, 121739. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2023.121739>

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- En juillet 2023 a été signée la convention de financement entre l'ANR et l'Ifremer relative à la mission d'exploration n°2 de l'objectif 10 de France 2030 dont l'objectif est la « Surveillance par des planeurs sous-marins à grande profondeur des risques géologiques et sismiques du volcan sous-marin apparu par 3000 mètres de fond au large de l'île de Mayotte ». Dans le cadre de cette mission d'exploration, l'Ifremer a lancé en novembre 2023 un appel à candidatures pour la réalisation d'un marché de « Conception, déploiement et acquisition de planeurs sous-marins profonds ».
- Conformément aux décisions adoptées en 2022, l'Ifremer a mis en œuvre des actions de transfert de ses activités au sein du réseau : les activités de système d'information géographique ainsi que la surveillance de la colonne d'eau par méthodes acoustiques et géo-chimiques sont en cours de transfert.
- L'Ifremer a également piloté la prestation de développement et de déploiement d'un glider (planeur sous-marin) pour la mesure des émissions de fluides sous leurs formes dissoutes et libres (CO₂ et CH₄). Aux températures et pressions rencontrées dans la colonne d'eau, le CO₂ se trouve à l'état liquide et peut être détecté par rétrodiffusion acoustique. Début 2024, les instances de gouvernance du REVOSIMA ont statué sur l'entrée opérationnelle des opérations du glider dans le cadre de la surveillance dans l'attente de la mise en service du réseau d'observation câblé MARMOR.

Recherches en appui aux politiques publiques

- Concomitamment aux mesures faites par le glider, l'Ifremer poursuit les développements nécessaires pour mettre en œuvre des mesures de pH et pour atteindre des valeurs quantitatives de concentration de méthane dissous. Outre un intérêt pour la surveillance, ces paramètres sont importants pour pouvoir estimer les flux des fluides émis et pour mieux comprendre le système carbonate dans ce contexte d'émission de CO₂. Dans ce cadre, a été lancé le projet MAY-EXPLORER qui assure le financement d'une thèse CIFRE (convention industrielle de formation par la recherche) en collaboration avec la société Aelsemar.
- L'acquisition des données géochimiques et acoustiques de la colonne d'eau ont alimenté le travail d'une thèse cofinancée par Total Energies One Tech soutenue en octobre 2023 s'intéressant aux émissions de fluides dans la colonne d'eau dans un contexte volcanique éruptif sous-marin.



● Le projet ERC Focus mené par l'unité mixte de recherche GEO-Ocean a pour objectifs de mieux comprendre et de surveiller les failles sismiques à partir de la technique d'interférométrie laser Brillouin qui permet de mesurer la déformation du sous-sol en utilisant les câbles sous-marins comportant des fibres optiques. En complément des mesures de déformation acquises de manière continue, une campagne de mesures du taux de déformation exploitant cette fois la réflectométrie de Rayleigh a eu lieu entre le 6 et le 17 novembre sur les câbles sous-marins de Catane et de Capo Passero en Sicile associés à des détecteurs de nouvelle génération mis en œuvre par l'Institut National de Physique Nucléaire Italien. Ces mesures ont été enregistrées avec l'interrogateur optodas d'ASN (Alcatel Submarine Networks), récemment acquis par l'Ifremer, sur des distances de 45 km pour le site de Catane et de 100 puis 150 km sur le site de Capo Passero. L'intérêt de cette technologie exploitant la fibre optique est sa capacité à transformer un câble de télécommunication en un instrument de mesure scientifique. Les objectifs de cette campagne étaient d'enregistrer les séismes, l'activité microsismique et les ondes de gravité associées aux vagues. La campagne s'est déroulée lors d'une éruption de l'Etna et son activité sismique a pu être détectée en milieu marin sur le câble de Catane.

L'image ci-contre montre l'enregistrement d'un tremblement de terre détecté sur le câble de Catane qui n'a pas été enregistré par le réseau sismique terrestre : elle démontre l'intérêt des mesures en domaine marin réalisable grâce aux câbles sous-marins. Ces données vont permettre de mieux évaluer l'apport de cette nouvelle technologie à la surveillance sismique et volcanique et à l'imagerie du sous-sol marin (fig. 5).

↑ Fig. 5

Un tremblement de terre enregistré sur le câble de Catane le 7 novembre à 17h01 UTC.
Crédits Ifremer – S. Ker

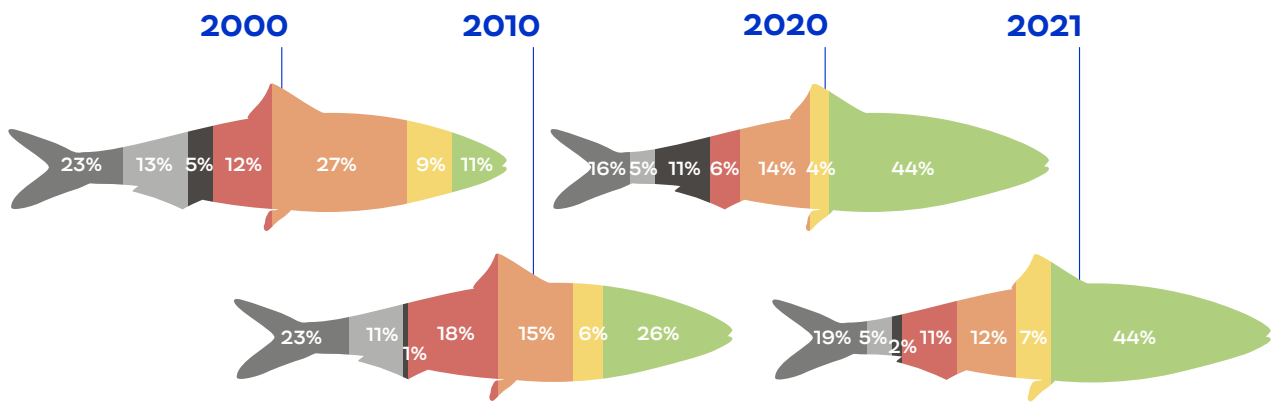
Gérer durablement les ressources marines

Gestion des ressources halieutiques

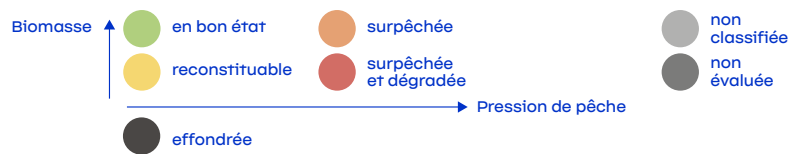
Au titre de la Politique commune des pêches (PCP), l'Union européenne est responsable de la gestion des ressources halieutiques. À ce titre, la PCP fixe le cadre européen pour l'évaluation de l'état des populations halieutiques (règlement cadre sur la collecte de données – DCF), les possibilités de pêche (totaux admissibles de captures, quotas des États-membres) et les règles techniques encadrant les pratiques.

Il s'agit d'un domaine où l'appui aux politiques publiques d'Ifremer est très conséquent. Cette action s'exerce au titre de la collecte de données halieutiques, qui est soutenue par le Fonds européen pour les affaires maritimes, la pêche et l'aquaculture (FEAMPA).

L'expertise complémentaire est cofinancée par la « convention socle halieutique » qui lie Ifremer à la DGAMPA pour la période 2022–2023.



État des populations :



↑ Fig. 6

Évolution de l'état des populations de poissons exploités en France hexagonale entre 2000 et 2021. Les chiffres 2020 ont été révisés lors de l'évaluation 2022. Crédits : Ifremer 2023, J. Barrault

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- L'année a été marquée par les travaux avec la DGAMPA pour faire évoluer le soutien complémentaire sollicité par le ministère au-delà de la DCF vers une Subvention pour charges de service public à partir de 2024. Cette évolution s'accompagne d'un soutien renforcé aux nouvelles actions qui seront couvertes à 100 % des coûts complets.

Ces nouvelles actions pérennes sont au nombre de quatre :

1. suivi de la pêche de loisir,
2. analyse des contenus stomacaux,
3. renforcement de l'expertise pour l'évaluation des stocks de grands pélagiques en Atlantique.

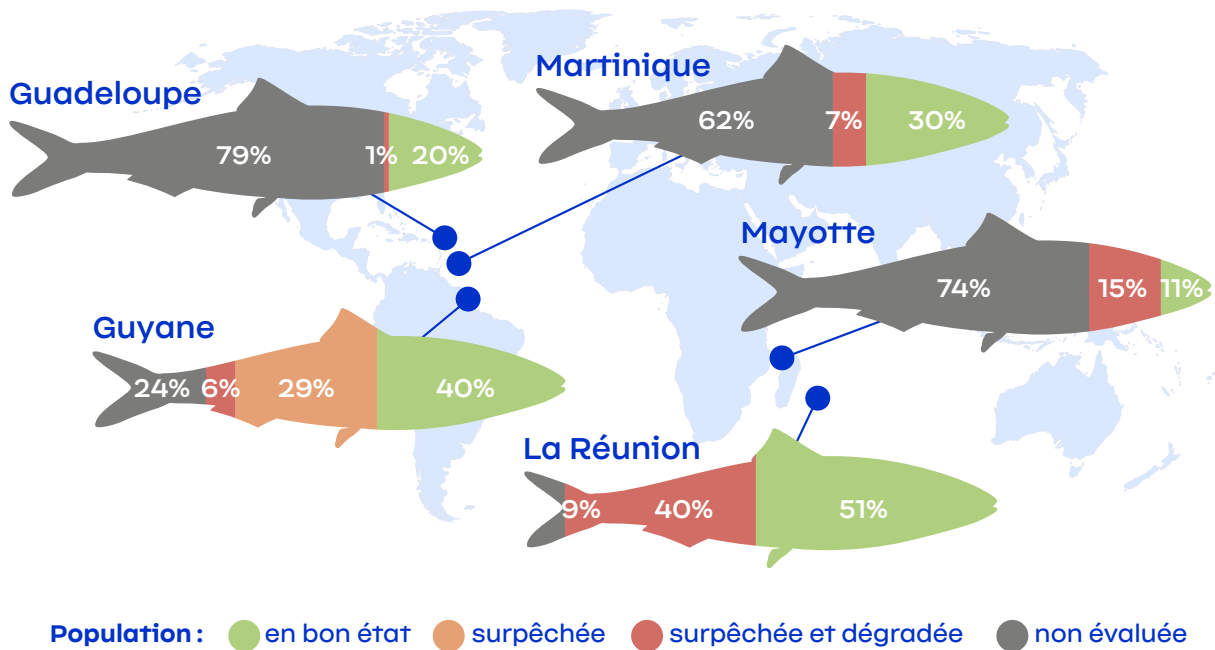
La quatrième action concerne la gestion des ressources aquacoles. Cette démarche s'inscrit dans un plan pluriannuel de renforcement des ressources mobilisables par l'Ifremer en appui à la DGAMPA.

- Depuis plusieurs années, l'Ifremer a intensifié ses moyens d'observation dans les Outre-mer. Le projet Accobiom, mené en 2022, a permis d'améliorer la collecte de données biologiques pour de nombreuses espèces dont l'état était mal évalué dans le rapport sur l'équilibre entre la capacité de la flotte et les possibilités de pêche nationales. Ces travaux ont facilité une meilleure évaluation des stocks à données limitées par un groupe de travail dédié, ainsi que la révision du Plan de travail national 2022-2024 pour 2024 à la Réunion, en Martinique et en Guyane.

Ils ont également été étendus à Mayotte pour soutenir le Parc Naturel Marin, afin d'identifier les faiblesses dans le dispositif d'observation de la pêche professionnelle mahoraise et de proposer des améliorations adaptées au contexte local.

- En France hexagonale, l'Ifremer a renforcé son appui dans la mise en œuvre des politiques publiques autour de 3 actions majeures :

1. l'amélioration des outils de simulation de la dynamique de pêche mixte, ISIS-Fish et IAM, pour tester l'efficacité de différents scénarios de gestion sur la réduction de la mortalité par pêche en Méditerranée. Ces scénarios sont discutés au niveau européen dans le cadre d'un groupe de travail du Comité Scientifique, Technique et Economique des Pêches (CSTEP), en vue d'une évolution du plan de gestion européen pour les espèces démersales de Méditerranée Occidentale.
2. L'Ifremer a participé à la définition du plan d'action cétacés dans le golfe de Gascogne au travers d'un protocole d'équipement des navires professionnels et d'un renforcement de l'observation, notamment électronique, pour mieux évaluer les captures accidentelles par les flottilles de pêche.
3. L'institut a produit une analyse exhaustive de l'impact du chalutage à partir des connaissances actuelles, au travers de plusieurs saisines et de discussions en soutien de l'agenda politique (règlement européen sur la restauration de la nature, écosystèmes marins vulnérables, aires marines protégées et énergies marines renouvelables).



Renforcer le dialogue avec la société

● Comme chaque année, l'Ifremer s'est prêté à l'exercice d'une restitution de ses travaux sur l'état des ressources halieutiques en février 2023. Cet événement désormais bien identifié par la presse a eu lieu entièrement en digital. L'évaluation 2022 affiche un bilan en demi-teinte. En France hexagonale, la part des débarquements issus de populations de poissons exploitées durablement stagne et s'établit à 51 % en 2021, contre 48 % en 2020 suite à la révision des chiffres de l'an dernier (fig. 6). Pour la première fois, l'Ifremer dresse le bilan annuel de l'état des populations pêchées dans les cinq départements d'outre-mer : Mayotte, La Réunion, la Guyane, la Martinique et la Guadeloupe. Résultat : ce premier diagnostic révèle des réalités très contrastées d'un département à l'autre (fig. 7).

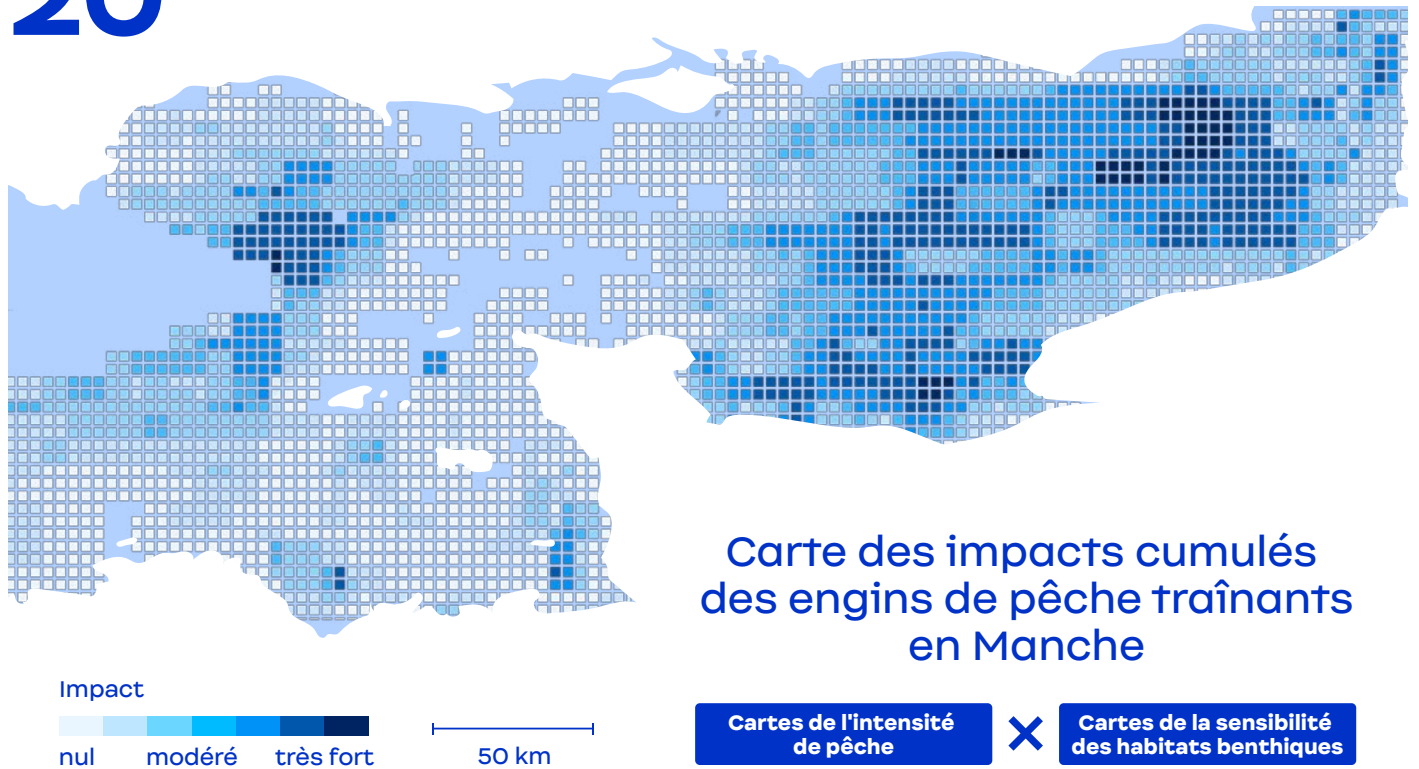
● À cette communication s'ajoute un certain nombre d'informations habituellement diffusées tout au long de l'année concernant les évaluations des ressources. On peut notamment citer le cas des campagnes sur les gisements de coquilles Saint-Jacques des baies de Seine et de Saint-Briec. Comme en 2022, ces populations se portent très bien, avec respectivement 88 000 et 61 000 tonnes exploitables, aux plus hauts niveaux depuis 50 ans.

● La conférence de presse de février 2023 a également permis à l'Ifremer de présenter un état de ses travaux de mesure des impacts des pratiques de pêche sur les fonds marins. L'Ifremer a ainsi mis au point une matrice qui montre l'amplitude moyenne de chaque type de pression (abrasion, remaniement des fonds, charge en particules...). Cette matrice constitue aujourd'hui l'une des pièces-clés de la méthode d'évaluation des risques de dégradation écologique des habitats naturels par les activités de pêche maritime sur les sites Natura 2000 à l'échelle nationale. En croisant la matrice Ifremer avec les matrices de « sensibilité des habitats benthiques aux pressions physiques » produites par l'Unité mixte de service Patrimoine naturel (UMS PatriNat), cette méthode permet d'identifier dans quelle mesure ces activités interfèrent avec les objectifs de conservation et de prioriser les actions qui doivent être engagées le cas échéant (fig.8).

Cette méthodologie a ainsi été appliquée à la Manche dans le cadre du projet IPREM (Impact des engins de Pêche sur les fonds marins et la Résilience Écologique du Milieu) de manière à mesurer les impacts cumulés des engins trainants en Manche. Ce premier cas d'étude apportera de premières connaissances essentielles pour statuer sur la réversibilité de l'impact des engins trainants dans les eaux européennes et pour fixer des seuils de pression spécifiques aux habitats afin de rétablir ou de maintenir un fonctionnement approprié de l'écosystème benthique, de stopper l'érosion de la biodiversité et de développer une pêche réellement durable.

↑ Fig. 7

État des populations de poissons exploitées dans les 5 départements d'Outre-mer en 2021 (part des débarquements en volume). Crédits : Ifremer 2023, J. Barrault



Carte des impacts cumulés des engins de pêche traînants en Manche

Impact

nul modéré très fort

50 km

Cartes de l'intensité de pêche



Cartes de la sensibilité des habitats benthiques

↑ Fig. 8

Sur cette carte, l'indice d'impact est calculé par carré de 3 x 3 milles nautiques pour un habitat donné en multipliant le coefficient de risque propre à la sensibilité de l'habitat par l'intensité de pêche moyenne sommée pour tous les engins traînants des navires européens. Plus l'indice est haut (bleu foncé) plus l'impact des engins sur les habitats est élevé.

Crédits : Ifremer 2023, J. Barrault

Bibliographie

Grandremy Nina, Bourriau Paul, Daché Edwin, Danielou Marie-Madeleine, Doray Mathieu, Dupuy Christine, Forest Bertrand, Jalabert Laetitia, Huret Martin, Le Mestre Sophie, Nowaczyk Antoine, Petitgas Pierre, Pineau Philippe, Rouxel Justin, Tardivel Morgan, Romagnan Jean-Baptiste (2024). *Metazoan zooplankton in the Bay of Biscay: a 16-year record of individual sizes and abundances obtained using the ZooScan and ZooCAM imaging systems*. Earth System Science Data, 16(3), 1265–1282. Publisher's official version: <https://doi.org/10.5194/essd-16-1265-2024>

Recherches en appui aux politiques publiques

- Le projet européen Fish Intel, qui a réuni des équipes françaises, anglaises et belges, a livré ses premières conclusions sur les déplacements des 300 poissons (bars et lieus jaunes) et 50 langoustes suivis par télémétrie acoustique sur les côtes françaises de la Manche. Si les langoustes mâles semblent plutôt fidèles à leurs rochers en automne et en hiver, des bars peuvent parcourir des centaines de kilomètres le long des côtes françaises. Bien que le projet Fish Intel soit désormais terminé, le réseau de télémétrie restera opérationnel; le suivi de ces espèces de la Manche se poursuivra ainsi sur plusieurs années. Autant d'informations utiles pour identifier les habitats essentiels dans la vie des poissons, améliorer leur état écologique et renforcer la gestion écosystémique des activités humaines (pêche, développement de parcs éoliens...) en Manche.

- Des études récentes ont montré que les communautés de petits poissons pélagiques ont souffert d'une perte de condition drastique en mer Méditerranée et dans le golfe de Gascogne au cours des 20 dernières années. Cette perte de condition se traduit notamment par une diminution constante de la taille et du poids selon l'âge qui s'explique peut-être par un changement dans la composition des ressources trophiques, en taille et qualité. Dans la mesure où l'identification et la mesure du zooplancton à des échelles temporelles et spatiales appropriées n'est pas une tâche facile, l'imagerie constitue un levier pour contourner ces difficultés. Dans le cadre de sa thèse à l'unité HALGO, N. Grandremy a ainsi publié un article présentant deux ensembles de données sur le zooplancton métazoaire obtenus par imagerie d'échantillons collectés sur le plateau continental du golfe de Gascogne au printemps lors des enquêtes intégrées des campagnes PELGAS, sur la période 2004–2019. Ces ensembles de données ont été rassemblés dans le but de rendre possible l'exploration de la relation entre la dynamique observée des petits pélagiques dans le golfe de Gascogne et la dynamique de leur principale ressource alimentaire, le zooplancton métazoaire. Ensemble, tous ces jeux de données permettent d'étudier simultanément tous les compartiments de l'écosystème pélagique avec un domaine spatial cohérent (plateau continental du golfe de Gascogne), une résolution et des séries temporelles cohérentes. Étant donné que plusieurs descripteurs de la communauté zooplanctonique printanière (abondances, tailles, biovolumes, biomasse) peuvent être dérivés de cette série temporelle de 16 ans résolue spatialement à plusieurs niveaux taxonomiques, ces ensembles de données sont destinés à être utilisés dans diverses études écologiques qui incluent le compartiment du zooplancton, en particulier dans les études



de modélisation, où le zooplancton est généralement sous-représenté. Enfin, ces ensembles de données pourraient également être utilisés comme ensembles de données d'apprentissage lorsque l'apprentissage automatique est utilisé dans les études sur le plancton.

- Dans le cadre du projet européen BENTHIS (Benthic ecosystem fisheries impact study), auquel ont participé plusieurs chercheurs de l'Ifremer, une revue des innovations pour réduire les impacts des engins de pêche sur les fonds marins a été mise en œuvre. Ces travaux mettent en évidence l'importance des incitations au développement et à l'adoption des innovations. Ces facteurs sont sociaux, réglementaires, technologiques et économiques, ou encore environnementaux. Une meilleure compréhension de ces différents facteurs sur le comportement d'investissement peut conduire à de meilleures mesures de gestion conçues pour améliorer l'adoption de pratiques de pêche plus durables.

↑ Fig. 9

Atelier à destination des LNR européens pour les maladies des mollusques marins (mai 2023, La Tremblade).
Crédits : Ifremer ASIM

Bibliographie

Sala Antonello, Depestele Jochen, Gümüş Aysun, Laffargue Pascal, Nielsen J. Rasmus, Polet Hans, Smith Chris J., Zengin Mustafa, Bastardie Francois, Eigaard Ole R., Hamon Katell G., Jensen Frank, Lucchetti Alessandro, Méhault Sonia, Notti Emilio, Papadopoulou Nadia, Petetta Andrea, Sköld Mattias, Vincent Benoit, Rijnsdorp Adriaan D. (2023). *Technological innovations to reduce the impact of bottom gears on the seabed*. Marine Policy, 157, 105861 (14p.). <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105861>

Gestion des ressources aquacoles

L'Union européenne (UE) a fixé un certain nombre de règles en matière de santé animale, visant à prévenir et à lutter contre les maladies animales transmissibles à d'autres animaux ou aux êtres humains et à assurer la sécurité des produits alimentaires. En France, cette responsabilité est exercée par la Direction générale de l'alimentation (DGAI), au sein du Ministère chargé de l'agriculture.

L'Ifremer participe à cette action au travers de l'unité Adaptation santé des invertébrés marins (ASIM) qui porte les laboratoires de référence, pour la France et pour l'UE, pour les maladies des mollusques marins. Cette mission implique un rôle actif de coordination des méthodes diagnostic des maladies : développement, harmonisation et validation de méthodes, animation des laboratoires, veille, analyses officielles... Le laboratoire national de référence (LNR) apporte ainsi un appui scientifique à la surveillance zoonositaire des coquillages réalisée par les professionnels.

L'Ifremer participe par ailleurs aux politiques de développement de l'aquaculture, avec le soutien de la DGAMPA.

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- L'Ifremer ayant souhaité faire évoluer son positionnement dans les réseaux d'observation conchylicoles ECOSCOPA et MYTILOBS, la DGAMPA et l'Ifremer ont engagé conjointement une démarche d'évolution de ces réseaux. Cette démarche confirme l'intérêt de l'État pour ces réseaux, conformément au Plan aquaculture d'avenir. La réflexion porte entre autres sur l'amélioration de la couverture géographique de la surveillance, l'introduction de nouvelles espèces (huître plate) aux suivis et l'interopérabilité des réseaux nationaux avec les autres initiatives régionales existantes. En parallèle, les travaux scientifiques de l'Ifremer sur la surveillance de demain et l'observation non ciblée se poursuivent et viendront alimenter cette démarche.
- L'Ifremer a été amené à se mobiliser en urgence à l'été face à l'épisode, inédit par son ampleur et sa fulgurance, de mortalité des huîtres sur l'étang de Thau (75 % en moyenne sur Thau). L'Ifremer a mobilisé l'ensemble de ses compétences pour éclaircir cet épisode : données des réseaux de la surveillance environnementale et des ressources (ECOSCOPA), compétences du LNR pour les maladies des mollusques bivalves, et recherches autour du pathogène incriminé, *Vibrio Aesturianus*. L'Ifremer a été saisi conjointement par la DGAI et la DGAMPA en octobre 2023 afin de comprendre le phénomène de mortalité observé. L'analyse des données environnementales disponibles, les données de mortalités des huîtres ainsi que les résultats des travaux menés par le LNR semblent indiquer que ni un événement climatique « exceptionnel », ni une modification du génome ou de la virulence de la bactérie *Vibrio aestuarianus* ne puissent expliquer le très fort taux de mortalités observé sur la lagune de Thau lors de l'été 2023. L'état des connaissances est en revanche insuffisant sur la diversité génomique des souches identifiées ainsi que sur l'origine des animaux et des transferts entre bassins, nécessitant ainsi des travaux complémentaires pour pouvoir conclure. Un projet est envisagé en 2024 pour y remédier.
- Dans le cadre de ses missions de Laboratoire de Référence de l'Union Européenne (LRUE) et de LNR, l'unité ASIM réalise des analyses diagnostiques officielles sous assurance qualité. En mars 2023, l'unité a obtenu une accréditation par le Cofrac (Comité Français d'Accréditation) pour la recherche des parasites réglementés *Marteilia refringens*, *Bonamia ostreae* et *B. exitiosa* par PCR en temps-réel selon le référentiel ISO 17025. Cette nouvelle accréditation s'ajoute à celle portant sur la réalisation d'analyses en histo-cytopathologie.

- Un autre temps fort de l'année 2023 fut l'organisation d'un atelier pratique à l'attention des LNRs européens pour les maladies des mollusques marins dans les locaux de l'unité ASIM à la Tremblade en mai 2023. L'atelier portait sur les prélèvements de coquillages et la préparation des échantillons pour analyses. Cet événement a rassemblé 33 participants de 16 pays différents (fig. 9).

Renforcer le dialogue avec la société

- L'Ifremer a accueilli en mars à Nantes sur le centre Atlantique le Conseil de filière coquillage organisé par le CNC qui a réuni pendant deux jours 150 personnes, professionnels, scientifiques, administrations et collectivités. Cette réunion a permis à l'institut de rappeler la diversité et l'étendue de ses compétences en matière de recherche aquacoles (fig. 10). Par ailleurs, les résultats de différents projets ont pu être présentés : APINOV (applications innovantes pour prévenir la contamination des huîtres par les norovirus), méthodes de protection des coquillages en bassin par traitement aux UV, et les résultats des études sur les bénéfices de la co-culture d'algues et de coquillages dans le contexte de dérèglement climatique.
- Le projet Océanolab associe la réalisation de travaux scientifiques en écologie marine et l'accueil du public. L'espace d'expérimentation est donc inclus au sein du parcours de visite d'Océanopolis, pour répondre au volet du projet dédié à la médiation scientifique : partager la recherche en train de se faire avec tous les publics, expliquer la démarche scientifique et développer l'esprit critique. La première expérimentation réalisée en public à Océanolab et coordonnée par l'Ifremer, avec la collaboration du CNRS, a pris fin en décembre 2023. Pendant un an, les scientifiques ont testé les effets couplés des hausses de température, de l'acidification et de la pollution plastique prévues à l'horizon 2100 sur l'huître plate, une espèce native des côtes européennes et actuellement en fort déclin. Les résultats préliminaires de ce projet, baptisé MicroCO2sme, montrent une bonne résistance des huîtres plates, malgré des impacts sur leur croissance et leur reproduction.



↑ Fig. 10

Compétences, ressources et moyens de la recherche d'Ifremer pour les ressources aquacoles (Présentation T. Renault au Conseil de filière coquillage - mars 2023)

Recherches en appui aux politiques publiques

- Les projets GeneSea et MedMax ont permis aux équipes de l'Ifremer et de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) de découvrir deux gènes impliqués dans la résistance à la nodaviriose, une maladie qui touche le cerveau des bars et cause des pertes importantes dans les élevages en Méditerranée. Suite à cette découverte publiée dans la revue *Genetics Selection Evolution*, les scientifiques et les professionnels des écloseries françaises de bars, qui fournissent plus de 20 % des bars élevés en Méditerranée (Italie, Grèce, Turquie...), ont démarré un nouveau projet pour sélectionner des bars plus résistants face à cette maladie.
- Dans une nouvelle étude parue dans *Science Advances*, des scientifiques de l'Ifremer, de l'Université de Perpignan Via Domitia, du CNRS et de la division de l'expertise sur la faune Aquatique du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs de Québec révèlent le rôle majeur de l'environnement dans le développement de la résistance des huîtres creuses au syndrome de mortalité des huîtres du Pacifique (POMS) qui impacte les élevages du monde entier. Pour la première fois, ils mettent en évidence l'importance de modifications non-génétiques qui permettent à l'huître creuse de s'adapter rapidement et de transmettre cette capacité de résistance à sa descendance.

Bibliographie

Janan Gawra et al., *Epigenetic variations are more substantial than genetic variations in rapid adaptation of oyster to Pacific oyster mortality syndrome*. *Sci. Adv.* 9, eadh8990 (2023).

Camille Détrée, Clémentine Labbé, Ika Paul-Pont, Enora Prado, Maria El Rakwe, Lena Thomas, Nicolas Delorme, Nelly Le Goïc, Arnaud Huvet. *On the horns of a dilemma: Evaluation of synthetic and natural textile microfibre effects on the physiology of the pacific oyster *Crassostrea gigas**, *Environmental Pollution*, 2023, 121861, ISSN 0269-7491.

- Chaque année, on estime qu'environ 2 millions de tonnes de microfibrilles sont rejetées dans les océans par les lavages domestiques, les industries du textile ou encore les filets et cordages de pêche. Cette libération massive de fibres microscopiques, synthétiques et naturelles, a des conséquences pour le milieu marin et notamment pour la santé des organismes marins qui peuvent les ingérer. De nouveaux résultats publiés par l'Ifremer dans la revue *Environmental Pollution*, en collaboration avec le CNRS et les universités de Bretagne occidentale et du Mans, révèlent que les fibres synthétiques et naturelles ont des effets sur le métabolisme des huîtres même à de faibles doses. Les scientifiques ont aussi observé que les fibres naturelles génèrent une inflammation des parois digestives de ces organismes filtreurs et affectent leur système immunitaire de manière plus importante que les fibres synthétiques. La toxicité des microfibrilles serait davantage liée à la rugosité et à la composition chimique des microfibrilles plus qu'à leur nature plastique ou non.

Protection sanitaire du consommateur de coquillages

Le Ministère chargé de l'agriculture et de l'alimentation a la responsabilité de vérifier la qualité et la sécurité des aliments à tous les maillons de la chaîne alimentaire.

L'Ifremer est un acteur majeur de l'étude de la qualité sanitaire des coquillages en s'impliquant dans la surveillance de la qualité microbiologique, phycotoxinique et chimique des eaux et des mollusques vivants. Depuis quelques années, il assure cette mission en se positionnant en éclairage scientifique et technique à la DGAI qui assure la maîtrise d'ouvrage des réseaux de surveillance REMI (contrôle microbiologique) et REPHY-REPHYTOX (surveillance du phytoplancton toxiques et des phycotoxines). L'expertise scientifique de l'Ifremer repose notamment sur le LNR pour la microbiologie des coquillages.

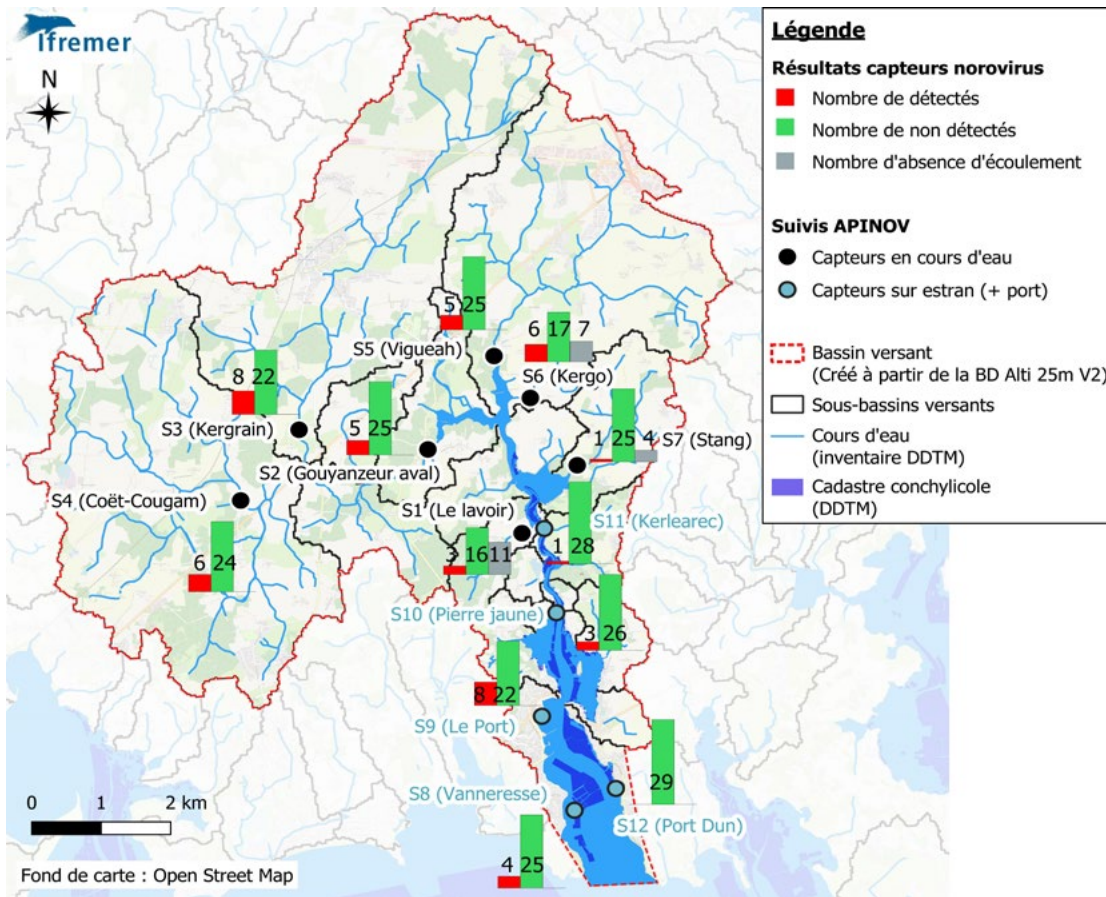
Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- Dans la continuité de l'évolution du positionnement de l'Ifremer dans le suivi de la qualité sanitaire des coquillages, engagée depuis 2018, certaines activités aujourd'hui opérées par l'Ifremer doivent être transférées en intégralité ou en partie vers d'autres opérateurs, en accord et avec le concours de la DGAI ; c'est le cas de la gestion des alertes microbiologiques. En ce sens, l'année 2023 a été marquée par la première étape de la définition par la DGAI et les Directions départementales interministérielles (DDi) impliquées de nouvelles modalités de pilotage et de gestion des alertes microbiologiques. L'Ifremer a apporté son expertise scientifique et méthodologique pour :
 1. l'élaboration de procédures locales d'anticipation de l'impact des incidents des stations d'épuration des eaux usées et de la pluviométrie sur la qualité microbiologique des zones de production (i.e. gestion des alertes préventives du réseau de contrôle microbiologique) et
 2. la conception et les tests d'un outil informatique visant à centraliser et traiter automatiquement les résultats des laboratoires pour proposer aux DDi les bulletins d'information pertinents.
 En parallèle, l'Ifremer a poursuivi ses missions d'expertise et d'appui auprès des services de l'État (formations, accompagnement) dans la surveillance sanitaire du milieu marin.
- Dans ce même contexte de transfert des activités opérationnelles de la surveillance sanitaire, s'est achevée en 2023 la démarche d'accompagnement renforcé en direction des opérateurs de la surveillance du réseau REPHYTOX (suivi des phycotoxines dans les coquillages exploités) pour la définition de la programmation hebdomadaire. Dans le cadre du REPHYTOX, cette programmation consiste à indiquer le lieu et le coquillage à prélever et l'analyse à réaliser, selon le contexte dans le milieu, afin d'assurer la qualité sanitaire des coquillages en vue de leur consommation humaine. Cette programmation a été transférée aux laboratoires départementaux d'analyses (LDA), qui réalisent les prélèvements et les analyses depuis 2018. Ce transfert s'est fait progressivement : les laboratoires environnement ressources (LER) de l'Unité littoral ont accompagné les LDA en proposant une formation initiale puis un suivi hebdomadaire pendant une année afin de valider la démarche.
- L'Ifremer et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ont renouvelé leur partenariat pour une durée de 5 ans. Les deux organismes s'engagent ainsi à poursuivre leurs collaborations de recherche et d'expertise concernant la santé des poissons et des mollusques ainsi que la sécurité sanitaire des aliments qui en sont issus.

Dans le cadre de cette nouvelle convention, ils s'attacheront à adopter une approche plus transversale des problématiques, dans l'esprit du concept « One Health » qui unifie la santé humaine, animale et environnementale pour co-construire des projets autour, par exemple, de l'exposome marin, des risques sanitaires et environnementaux liés aux microplastiques ou de l'antibiorésistance. Signataires de la charte d'ouverture à la société, l'Ifremer et l'ANSES souhaitent aussi inscrire leurs initiatives communes dans une approche plus transversale et plus ouverte vers la société.

Renforcer le dialogue avec la société

- La contamination des huîtres par les norovirus constitue un enjeu de santé publique important mais aussi économique pour les professionnels de l'ostréiculture. L'objectif du projet APINOV (cofinancé par le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche) piloté par l'Ifremer en partenariat avec l'Université d'Aix-Marseille et le Comité régional de la conchyliculture (CRC) Bretagne sud était de développer différents outils pour améliorer la qualité microbiologique des coquillages. Ce projet a été présenté dans différentes structures régionales dont les CRC Bretagne sud (partenaire du projet) et CRC Pays de la Loire, et des instances nationales (conseil de filière coquillages du 23 mars 2023). Les principaux résultats obtenus, portaient :
 1. sur l'identification des sources de contamination par les norovirus au niveau du bassin versant de la zone conchylicole étudiée grâce à l'utilisation d'une technologie innovante en microbiologie, les capteurs passifs (fig. 11),
 2. sur l'impact de la température de l'eau de mer sur la purification des coquillages contaminés par les norovirus,
 3. sur l'ultrafiltration comme outil permettant d'alimenter en eau des bassins insubmersibles utilisés pour la sauvegarde des coquillages lors des fermetures de zone.



● Chaque année le Laboratoire de santé environnement (LSEM) situé dans l'unité Microbiologie, aliment, santé et environnement, dans le cadre de ses activités de laboratoire national de référence, organise une journée d'échanges et d'information, la journée Santé, Environnement et Microbiologie. Ainsi, le 10 octobre 2023, 83 personnes se sont rassemblées pour discuter de cette thématique. Y participaient des représentants de l'administration centrale (DGAI), des administrations locales (Agences régionales de santé, DDi...), des agences de l'eau, des professionnels et des laboratoires agréés pour la microbiologie des coquillages. Cette journée permet de présenter le bilan des activités du LNR, de la surveillance au titre du REMI et offre à la DGAI un espace pour présenter les évolutions de la réglementation sur la qualité sanitaire des coquillages. La journée s'est poursuivie par des présentations de résultats de recherche de l'Ifremer ou d'autres structures. Cette année un focus était mis sur les *Campylobacter* et leur impact sur la santé humaine (Centre national de référence *Campylobacter*, CHU Bordeaux) ainsi que les données observées par l'Ifremer quant à leur présence dans les coquillages. L'Anses a présenté un modèle prédictif du risque sanitaire *Vibrio parahaemolyticus* en lien avec les changements environnementaux sur les côtes françaises, les moyens de maîtrise envisageable et les besoins de recherche, et une présentation sur l'antibiorésistance et les produits de la mer.

Recherches en appui aux politiques publiques

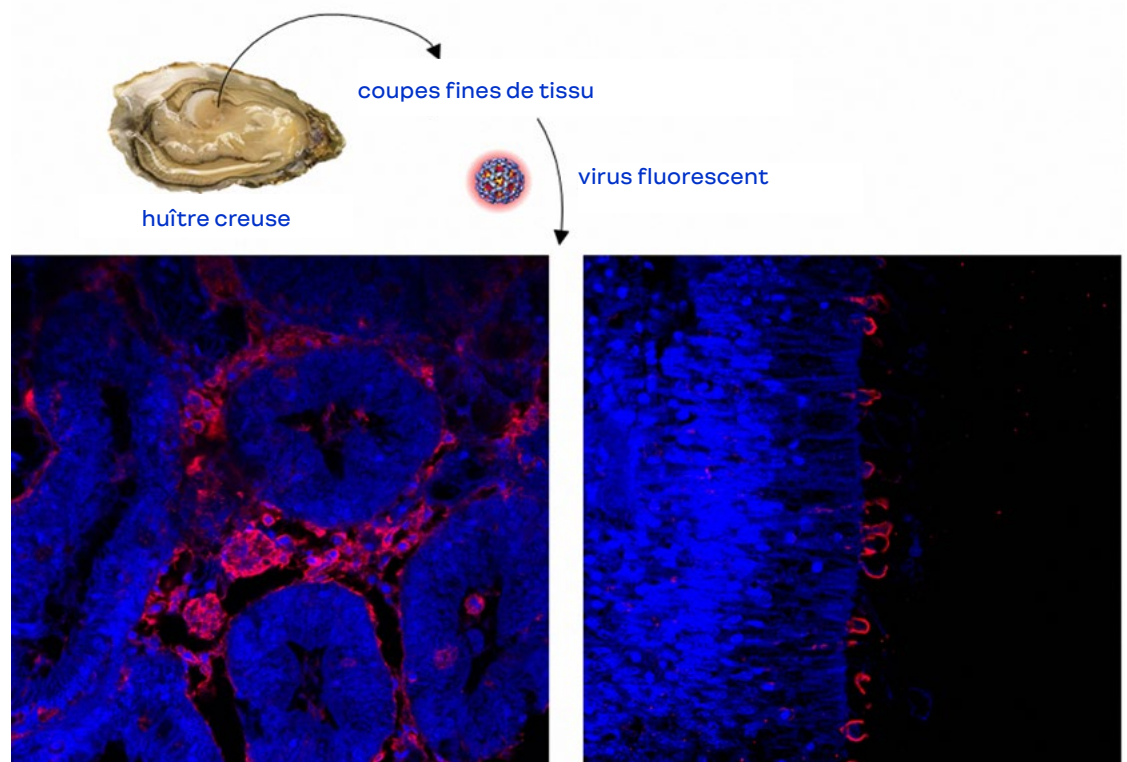
● Depuis les années 2000, les pêcheurs sont confrontés à des phénomènes de contamination des coquilles Saint-Jacques (CSJ) par l'acide domoïque, toxine produite par une micro-algue (*Pseudo-nitzschia*), et qui a atteint des taux record (872 µg/kg pour un seuil de 20 µg) en 2014 dans la rade de Brest. Le dépassement du seuil interdit la consommation et la commercialisation des coquillages. La lenteur de la décontamination des CSJ entraîne des fermetures de pêcheries qui peuvent durer plusieurs années. Pour y faire face, le projet MASCOET, cofinancé par France filière pêche et Brest métropole, vise à compléter les connaissances:

1. sur le déterminisme des blooms toxiques de *Pseudo-nitzschia* et de la toxicité associée,
2. les processus de contamination et décontamination en acide domoïque, neurotoxine amnésiante, responsable du syndrome ASP (*Amnesic Shellfish Poisoning*) chez la coquille Saint-Jacques et le pétoncle noir,
3. les performances biologiques et à la dynamique de population du pétoncle en relation avec la qualité de son habitat.

Dans le cadre de la 1^{ère} action, une thèse consacrée aux dynamiques spatio-temporelles des efflorescences de *Pseudo-nitzschia* en mer d'Iroise a été soutenue en décembre 2023. En combinant simulations hydrodynamiques, métatranscriptomique, suivi des efflorescences et des conditions environnementales associées,

↑ Fig. 11

Diagnostic norovirus du bassin versant de la rivière de Crac'h de novembre 2020 à avril 2022 dans le cadre du projet APINOV
Crédits : Ifremer - S. Rocq



↑ Fig. 12

Coupes de tissu digestif d'huître montrant l'interaction entre les cellules (bleu = noyau cellulaire) et des particules de norovirus GII. 4 (rouge)
Crédits : A. Breiman
- CRCINA/M

Bibliographie

Prigent Lea (2023). *Spatio-temporal dynamics of Pseudo-nitzschia australis bloom in the Iroise Sea: A multi-disciplinary study combining gene expression, environment and hydrodynamics*. PhD Thesis, Université de Bretagne Occidentale. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00868/97974/>

Euller-Nicolas G et al. (2023). *Human Sapovirus Replication in Human Intestinal Enteroids*. *J Virol*. 2023 April 27; 97(4):e0038323. doi: 10.1128/jvi.00383-23. Epub 2023 Apr 11. PMID: 37039654; PMCID: PMC10134857.

cette thèse a mis en évidence un rôle important de l'hydrodynamique dans l'initiation et l'extension des efflorescences de *Pseudo-nitzschia australis* (et d'autres espèces de diatomées). Cette étude souligne le rôle combiné de l'environnement, de la connectivité hydrodynamique et du cycle de vie dans le développement, le transport, et la persistance d'une efflorescence en milieu naturel.

- Les norovirus et sapovirus sont des virus appartenant à la famille des *Caliciviridae* qui causent respectivement 18 % et 3,4 % de l'ensemble des cas de gastro-entérites à travers le monde. Les personnes infectées excrètent ces virus qui sont présents en grande quantité dans les eaux usées. Un assainissement inefficace ou défectueux peut alors conduire à la présence de ces virus dans l'environnement, dont les zones littorales où sont produites les huîtres. Ces mollusques bivalves filtreurs se nourrissent en filtrant l'eau de mer et peuvent accumuler ces pathogènes dans leurs tissus. Le norovirus est connu pour son association particulière avec les huîtres, notamment *Crassostrea gigas*. En effet, elles expriment des glycanes de type antigène tissulaire de groupe sanguin dans leurs tissus, analogues au récepteur d'attachement des norovirus chez l'Homme.

Pour les sapovirus, ces récepteurs ne sont pas connus en l'absence de modèle de réplication in vitro. Le projet ANR GOyAVE (*Glycans and Oysters Attachment of human enteric Viruses in the coastal Environment*) avait pour objectifs:

1. d'étudier l'expression de ces glycanes par les cellules d'huître et les interactions entre les norovirus et ces cellules (fig. 12), et
2. d'approfondir les connaissances sur des souches de sapovirus humain, notamment en investiguant son tropisme et ses interactions avec les antigènes tissulaires de groupe sanguin des cellules intestinales humaines.

Ces travaux ont permis d'aboutir aux résultats suivants:

1. un protocole a été mis au point pour purifier des cellules d'huîtres et il a mis en évidence que ces interactions sont possibles, mais que dans les huîtres, les norovirus seraient majoritairement en interaction stable avec des molécules extracellulaires;
2. identification de souches de sapovirus humain capables de répliquer sur des entéroïdes intestinaux humains, indépendamment des antigènes tissulaires de groupe sanguin.

Des outils méthodologiques ont été développés dans le cadre d'une thèse permettant l'étude des cellules d'huîtres et leurs interactions avec les norovirus, ainsi que la réplication des sapovirus sur un modèle cellulaire innovant.

Développement des énergies marines renouvelables (EMR)

Dans le contexte de la planification écologique et de la transition énergétique, l'État souhaite renforcer la place des EMR dans le mix énergétique national à horizon 2050.

L'Ifremer apporte son concours aux services de l'État à toutes les étapes de planification, développement puis d'exploitation des parcs EMR. Cette action est soutenue par la DGALN et la DGEC.

En 2023, l'Ifremer a notamment poursuivi ses activités d'appui lors des phases d'état initial de l'environnement des parcs. L'institut a également poursuivi sa participation active aux comités préfectoraux de suivi scientifique des parcs éoliens en apportant son expertise sur les protocoles de suivis environnementaux proposés par les industriels.



↑ Fig. 13

Lundi 12 juin 2023, Laurent Michel et François Houllier ont renouvelé le partenariat liant l'Ifremer à la DGEC à Nantes, à l'occasion d'un séminaire sur les énergies renouvelables en mer entre scientifiques de l'Ifremer et représentants des services de l'État. Crédits : Ifremer

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- Organisé le 12 juin avec le soutien de la Direction générale de l'énergie et du climat, le séminaire sur les EMR a permis aux scientifiques de l'institut d'échanger avec les services de l'État (Ministères chargés de l'environnement et de l'énergie, Secrétariat d'État à la mer, Cerema, services déconcentrés) sur les expertises scientifiques fournies par l'Ifremer en appui au développement des énergies marines renouvelables. Alors que l'État souhaite conforter ses ambitions dans le cadre de la prochaine loi de programmation de l'énergie et du climat qui sera présentée cet automne, les représentants des services de l'État ont ainsi souligné l'importance de la phase de planification spatiale maritime à venir et rappelé les ambitions de l'Observatoire national de l'éolien en mer quant au développement et au partage des connaissances scientifiques sur les effets de l'éolien en mer sur la biodiversité. Cet événement était suivi d'une journée interne dans le contexte de la préparation de la feuille de route de l'Ifremer sur les EMR. À cette occasion, l'Ifremer et la DGEC ont renouvelé leur partenariat (fig. 13).
- L'institut a produit un document de recommandations pour le suivi des contaminants chimiques issus des parcs éoliens.

Bibliographie

Amouroux Isabelle, Grouhel Anne, Briant Nicolas, Gonzalez Jean-Louis, Bizzozero Lucie, Allenou Jean-Pierre, Bruneau Audrey, Deborde Jonathan, Menet Florence, Munaron Dominique, Cuif Marion (2023). *Implantation de parcs éoliens off-shore : caractérisation et suivi des contaminants chimiques*. Recommandations Ifremer. RBE-CCEM-ARC-2023.05. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00840/95231/>

Recherches en appui aux politiques publiques

L'année 2023 a vu le lancement de deux projets de recherche structurants pour l'expertise scientifique de l'Ifremer.

- Financé à hauteur de 5,7 millions d'euros par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'Agence de développement et de maîtrise de l'énergie (ADEME) suite à l'appel à projets – DEMO Tase, Veleva 2 a pour objectif de qualifier plusieurs briques technologiques et les méthodes nécessaires pour préparer le déploiement de projets commerciaux d'éolien flottant dans les meilleures conditions économiques, sociales et environnementales. Le projet réunit plusieurs acteurs industriels et académiques : BW Ideol, en qualité de leader, Centrale Nantes, la Fondation OPEN-C, l'Ifremer, l'École nationale supérieure de techniques avancées (ENSTA) Bretagne et IVM technologies. L'Ifremer est chargé d'étudier le comportement des lignes d'ancrage, d'évaluer l'état de la biocolonisation sur le flotteur de l'éolienne FloatGen, de mesurer l'influence de cette biocolonisation sur le fond naturel sous-jacent et d'évaluer les interactions avec l'environnement pélagique par des méthodes optiques et acoustiques (fig. 14).
- Le projet EOENMER répond à la volonté de comprendre l'articulation que vont développer les parcs éoliens en mer avec le milieu marin et les territoires, aujourd'hui source de tension sur certains sites. Il vise à mettre en place un dispositif de recherche interdisciplinaire, de type observatoire, afin de suivre l'implantation et le développement des premiers parcs éoliens en mer, et d'analyser leurs ramifications bio-socio-spatiales.



● Ce projet cofinancé par l'ADEME rassemble plus d'une cinquantaine de chercheurs, distribués géographiquement et relevant de différents organismes (Commissariat à l'énergie atomique, CNRS, France Energies Marines, Institut français du pétrole et des énergies nouvelles, IFREMER, IRD, Universités). Il porte sur trois façades maritimes et permettra de suivre 6 sites : en Manche (Fécamp, Courseulles, Saint-Brieuc), en Atlantique (Groix-Belle-Ile, Saint-Nazaire), et en Méditerranée (Leucate, et plus largement la planification stratégique de l'éolien flottant). Il est composé de trois modules :

1. un diagnostic territorial visant à faire un point 0 sur les sites retenus en analysant les enjeux de l'éolien en mer et les jeux d'acteurs locaux ;
2. un suivi thématique visant à analyser et suivre, sur une base de préférence annuelle et selon les approches scientifiques en cours dans les différents domaines, les relations entre les parcs éoliens et les milieux marin, terrestre et au niveau local (ex : emploi, tourisme, pêche, valeur foncière, paysage, gouvernance),
3. un suivi ouvert, interdisciplinaire et participatif (ex : boutique de science, art-science), d'enjeux ou de dimensions des relations éolien-milieu, permettant d'ouvrir les cadres et méthodes d'analyse en place et de les mettre en partage avec des acteurs non-académiques des territoires ou filières concernées.

L'Ifremer sera particulièrement en charge d'analyser les jeux d'acteurs impliqués ainsi que d'évaluer les impacts socio-économiques.

● Le partage de l'espace maritime est une tâche complexe, notamment en raison de l'émergence des enjeux nouveaux que sont le développement des aires marines protégées (AMP) et des EMR. Dans les socio-écosystèmes dominés par la pêche, l'acceptabilité des EMR et des AMP est généralement très faible, notamment en raison d'un sentiment de faible considération pour la pêche dans la planification. Dans le cadre du projet PACMAN cofinancé par le FEAMP, des équipes de l'Ifremer et du Museum national d'histoire naturelle (MNHN) ont développé des travaux fournissant un cadre méthodologique flexible et inclusif de planification spatiale s'appuyant sur :

1. la cartographie d'indicateurs de la biodiversité et des services écosystémiques
2. la cartographie de la valeur que représente la zone pour chaque pêcherie, et
3. l'utilisation d'un algorithme d'optimisation pour explorer les scénarios d'implantation des EMR et de deux types d'AMP (protection benthique et totale), visant à conserver la biodiversité, à réguler et à fournir les services écosystémiques, tout en veillant à ce que les pêcheries soient équitablement impactées.

Appliqué à la Grande Vasière, cette approche démontre que des scénarios équitables ne sont pas nécessairement plus coûteux et permettent de proposer un panel de solutions alternatives. Une application a été développée pour visualiser les résultats des multiples scénarios et stimuler le dialogue entre les parties prenantes et les décideurs. Des suites pourraient être envisagées sur le développement de l'application sur d'autres cas d'études, et affiner l'impact relatif des différentes activités sur les cibles de protection.

↑ Fig. 14

Colonisation biologique à 3 m de profondeur mesurée en juin 2024 sur le flotteur Floatgen dans le cadre du projet Velella. Crédits : Ifremer

↑ Fig. 15 (p. 32)

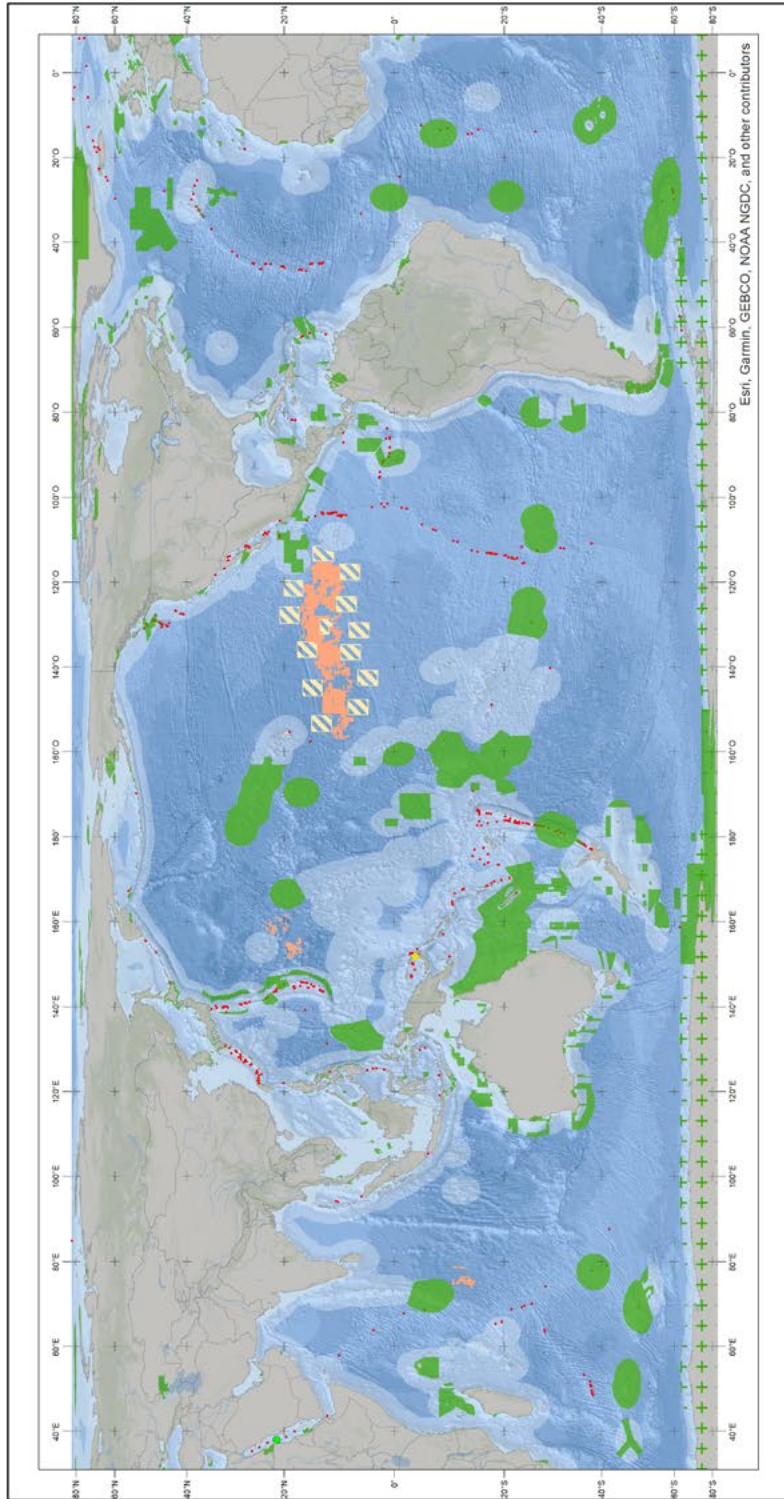
Localisation des zones d'intérêt géologique et contrats liés aux ressources minérales profondes (BRGM/IFREMER)

Bibliographie

Boussarie Germain, Kopp Dorothee, Laviolle Gaël, Mouchet Maud, Morfin Marie (2023). *Marine spatial planning to solve increasing conflicts at sea: A framework for prioritizing offshore windfarms and marine protected areas*. Journal Of Environmental Management, 339, 117857 (13p.). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117857>

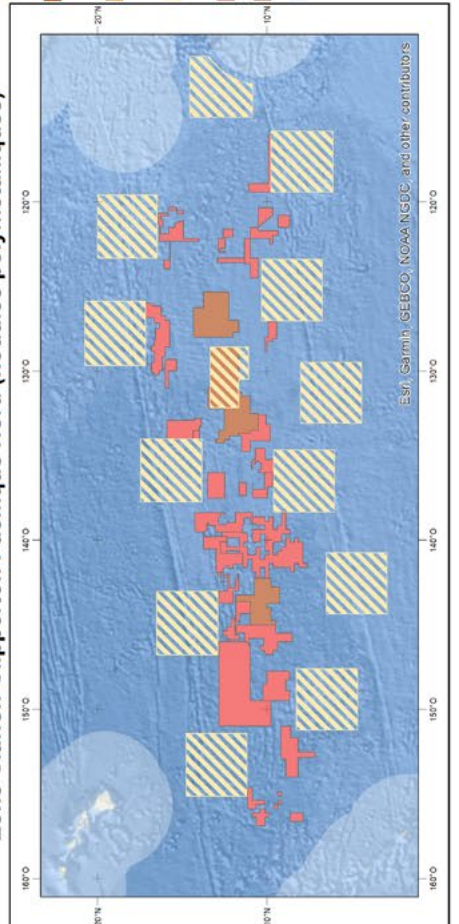
Localisation des zones d'intérêt géologique et contrats liés aux ressources minérales profondes

Malgré tout le soin que le BRGM et IFREMER peuvent apporter à l'utilisation et au traitement des données et des informations auxquelles ils ont accès l'utilisation de cette cartographie est de l'entière responsabilité des utilisateurs.



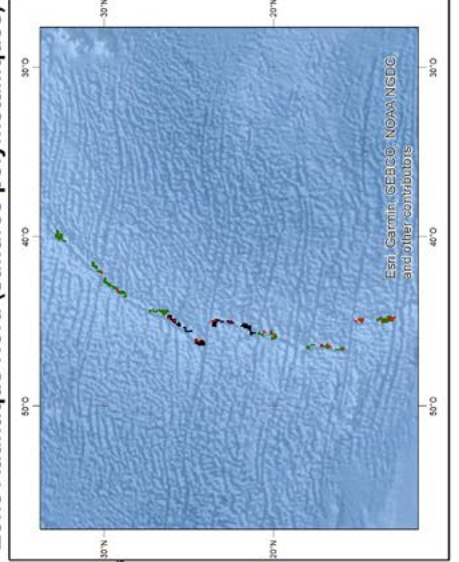
- Légende**
- Zones d'intérêt géologique**
 - Sites hydrothermaux
 - ▨ Nodules polymétalliques
 - ▨ Encroûtements cobaltifères
 - Licences d'exploration**
 - Contrats d'exploration AIFM dans la Zone
 - Contrats d'exploration pour les encroûtements cobaltifères*
 - Contrats d'exploration pour les sulfures polymétalliques*
 - Contrats d'exploration pour les nodules polymétalliques
 - Licences d'exploration sulfures polymétalliques (Tonga et Fidji)**
 - Licences d'exploration nodules polymétalliques (Iles Cook)*
 - Licences d'exploitation en ZEE**
 - Licence d'exploitation Solivara I (Papouasie Nouvelle-Guinée)*
 - Licence d'exploitation Atlantis II Deep (Arabie Saoudite)*
 - Autres informations**
 - ▨ Zones d'intérêt environnemental particulier (AIFM)
 - ▨ Aires marines protégées
 - ▨ Moratoire de l'Antarctique
 - ▨ Zones économiques exclusives (ZEE)
- * Dans un souci de lisibilité, l'emprise des permis a été simplifiée en un point centré sur le permis, d'un rayon de 50 km. Ce point n'est donc pas représentatif des faibles rejets des permis.

Zone Clarion-Clipperton Pacifique Nord (nodules polymétalliques)



- Légende**
- Contrats d'exploration pour les nodules polymétalliques (IFREMER, France)
 - Contrats d'exploration pour les nodules polymétalliques (autres pays)
 - ▨ Zones d'intérêt environnemental particulier (AIFM)
 - ▨ Secteurs réservés de l'AIFM
 - ▨ Licences d'exploration DS-HMRA**
 - ▨ Zones économiques exclusives
- ** Deep Seabed Hard Mineral Resources Act

Zone Atlantique Nord (sulfures polymétalliques)

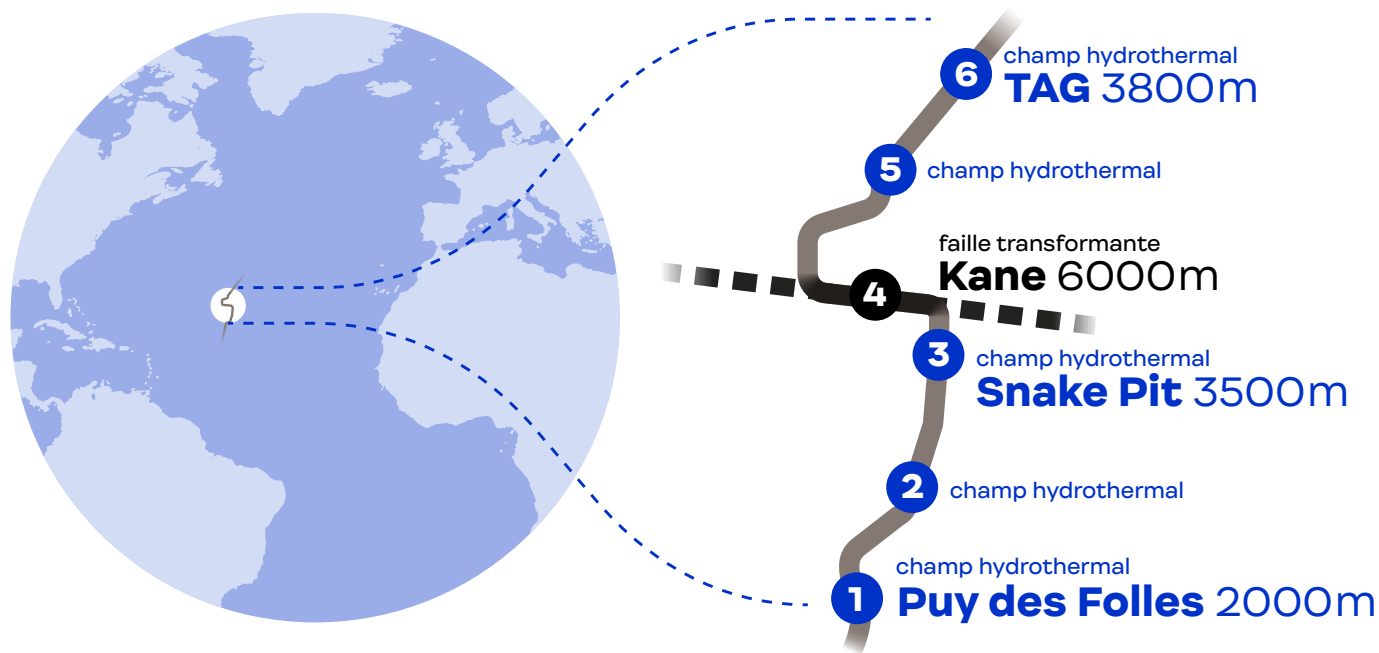


- Légende**
- Contrat d'exploration pour les sulfures polymétalliques (IFREMER, France)
 - Contrats d'exploration pour les sulfures polymétalliques (autres pays)
 - Sites hydrothermaux

Grands fonds marins, ressources minérales et souveraineté nationale

Comme chaque pays côtier, la France dispose au titre de la Convention des Nations unies pour le droit de la mer (CNUDM), d'un espace maritime de 200 miles nautiques, soit environ 370 km, autour de ses côtes, appelé Zone Économique Exclusive (ZEE). Il existe une possibilité d'étendre cet espace maritime au-delà des 200 miles nautiques en déposant une demande auprès de la Commission des Limites du Plateau Continental (CLPC) placée auprès de l'ONU. Un programme français dédié à ces demandes d'extension a été mis en place en 2002 : EXTRAPLAC. Il est piloté par le Secrétariat Général de la Mer (SGMer) et l'Ifremer en assure la maîtrise scientifique et technique.

La CNUDM a déclaré les ressources minérales des grands fonds marins comme « patrimoine commun de l'humanité », et chargé l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) d'organiser et de contrôler toutes les activités associées à ces ressources pour le bénéfice de l'humanité. L'AIFM concède ainsi des permis d'exploration aux organismes qui en font la demande. L'institut détient pour le compte de la France et sous son patronage deux contrats d'exploration concédés par l'AIFM : contrat nodules (océan Pacifique) et contrat sulfures (océan Atlantique). Ces activités constituent la mission 1 de l'objectif 10 de France 2030.

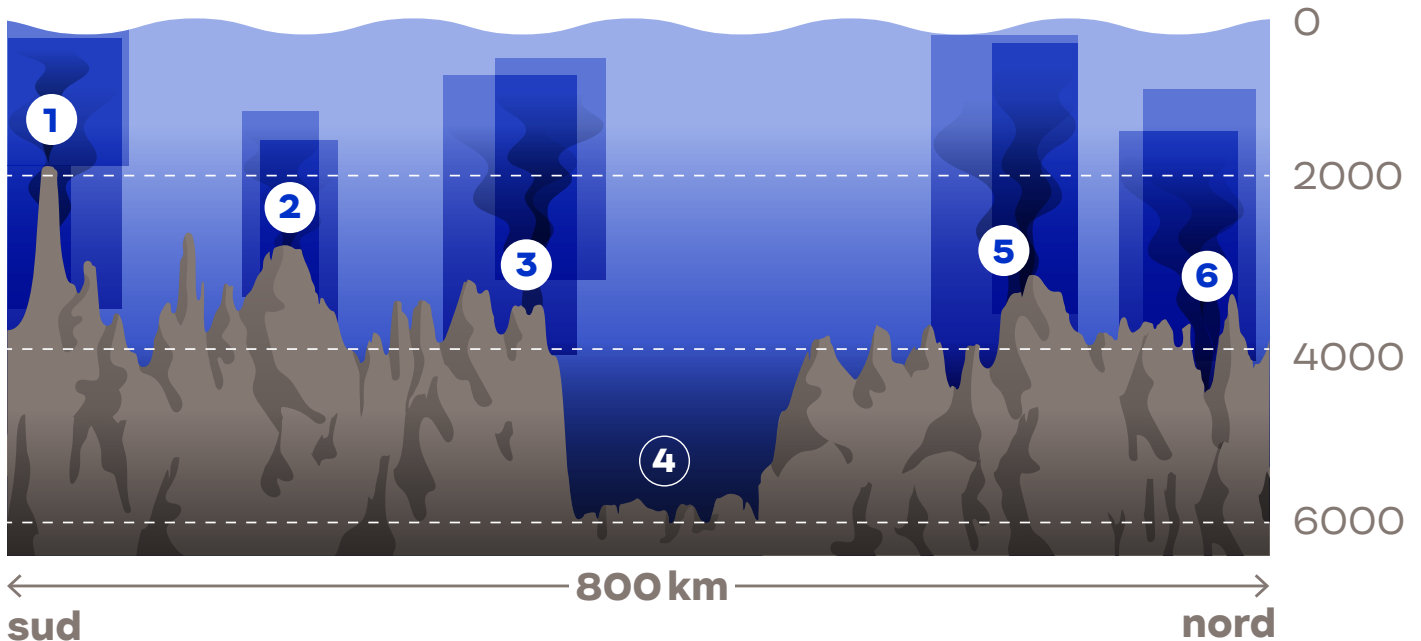


↑ Fig. 16.a

Localisation des sites d'observation de la campagne Bicosé 3

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

- En février 2023, au cours de la 57^{ème} session de la CLPC à New York, la délégation française, conduite par le SGMer accompagné de scientifiques de l'unité mixte de recherche Geo-Océan, et la délégation de l'Afrique du Sud, ont défendu leur demande conjointe d'extension du plateau continental au large de l'archipel de Crozet et des Îles du Prince Edouard dans le sud de l'Océan Indien. Pour les scientifiques de l'Ifremer, ce déplacement représentait la fin d'un travail mené avec des collègues de l'Agence du Pétrole de l'Afrique du Sud (PASA), qui a démarré en 2004 et a impliqué plusieurs campagnes océanographiques conjointes au large des territoires concernés, pour le suivi de l'élaboration et la défense d'un dossier technique et scientifique conséquent, déposé auprès de la CLPC en 2009 par les deux pays.
- En octobre 2023, conformément à ses obligations contractuelles, l'Ifremer a remis à l'AIFM son rapport de restitution de 50 % de la superficie initiale du contrat d'exploration des sulfures polymétalliques.
- En août 2023 l'Ifremer a notifié le marché d'acquisition de données avec un AUV (robot autonome sous-marin) Grands fonds auprès de la société Ocean Infinity. Ces données seront acquises au cours de la campagne nodules à bord du NO (navire océanographique) *Pourquoi pas ?* en mars 2024.
- En octobre 2023, l'Ifremer a notifié au groupement piloté par la société Abyssa un marché de prestation de supports géologiques pour la campagne nodules 2024 et l'interprétation des données de cette campagne. Le groupement inclus la société Abyssa, Créocéan, le BRGM et une sous-traitance auprès de la société RSC.
- Dans le cadre de la convention MTECT/BRGM/Ifremer sur les ressources minérales marines non énergétiques, deux livrables ont été produits outre les rapports semestriels de veille scientifique et technologique relative aux ressources minérales non énergétiques des grands fonds (veille REMIMA) : la cartographie des ressources minérales associées aux grands fonds marins (fig. 15) et la synthèse des tendances et positionnements politiques des pays vis-à-vis des ressources minérales associées aux grands fonds marins de 2018 à 2022. Les cartes réalisées présentent un état des lieux de données d'intérêt dont les zones d'intérêt géologique, les licences d'exploration (contrats d'exploration auprès de l'Autorité Internationales des Fonds Marins (AIFM) et licences d'exploration dans les ZEE), les licences d'exploitation dans les zones économiques exclusives et d'autres informations comme les aires marines protégées, les zones d'intérêt environnemental particulier ou encore la délimitation des zones économiques exclusives. La synthèse a été produite à partir des derniers rapports semestriels de veille REMIMA produits par l'Ifremer et de l'enquête réalisée par la Direction de la Diplomatie Economique en 2019 auprès des ambassades pour le Groupe de travail réuni par le SGMer. Cette synthèse comporte également un état des lieux des publications scientifiques sur le sujet.



Recherches en appui aux politiques publiques

● Le 20 octobre 2023, plus de 30 scientifiques ont embarqué à bord du *NO Pourquoi pas ?*, pour étudier 5 champs hydrothermaux répartis sur plus de 800 km le long de la dorsale médio-Atlantique, jusqu'à plus de 3700 mètres de profondeur. Cette campagne, nommée Bicosse 3, complète les résultats acquis dans la campagne Hermine 2 par un volet purement recherche visant à élucider le mystère de la formation de ces écosystèmes des grands fonds marins et comprendre le cycle de vie des espèces qui les peuplent (Fig. 16a et 16b).

● L'année 2023 a également vu la publication de plusieurs résultats d'étude de la symbiose chez les crevettes hydrothermales. Le principal modèle étudié est la *Rimicaris exoculata* (Atlantique) à partir notamment des données issues de la campagne Bicosse 2. Ces études ont permis d'étendre la compréhension des symbioses à des espèces de crevettes hydrothermales de différentes régions (Pacifique, Indien, Caymans-Atlantique). La première étude (Methou et al., 2023, *Env Microbiol*) a permis de montrer que la symbiose digestive semble présente chez toutes les espèces de la famille. Les lignées retrouvées sont phylogénétiquement très proches, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives non seulement sur les symbioses chimiosynthétiques des crevettes, mais plus largement sur les microbiomes digestifs avec de potentiels partenariats bactériens anciens et conservés au cours de l'évolution entre les crustacés. La deuxième étude (Methou et al., 2023 *Evolution*) s'est intéressée aux crevettes présentant une symbiose plus ou moins développée au niveau de la cavité céphalothoracique (hypertrophie). Les trajectoires de développement distinctes chez deux d'entre elles, bien que très proches d'un point de vue phylogénétique, pourraient être déterminées par la colonisation des symbiotes à une « période critique », avant l'âge subadulte, période encore peu connue. Ainsi la symbiose, sa période d'acquisition et ses modalités semblent avoir un impact fort dans le développement des espèces depuis le stade juvénile vers le stade adulte.

↑ Fig. 16.b

Profondeur des sites d'observation de la campagne Bicosse 3

Bibliographie

Pierre Methou, Marion Guéganton, Jonathan T Copley, Hiromi Kayama Watanabe, Florence Pradillon, Marie-Anne Cambon-Bonavita, Chong Chen, *Distinct development trajectories and symbiosis modes in vent shrimps*, *Evolution*, Volume 78, Issue 3, March 2024, Pages 413–422, <https://doi.org/10.1093/evolut/qp217>

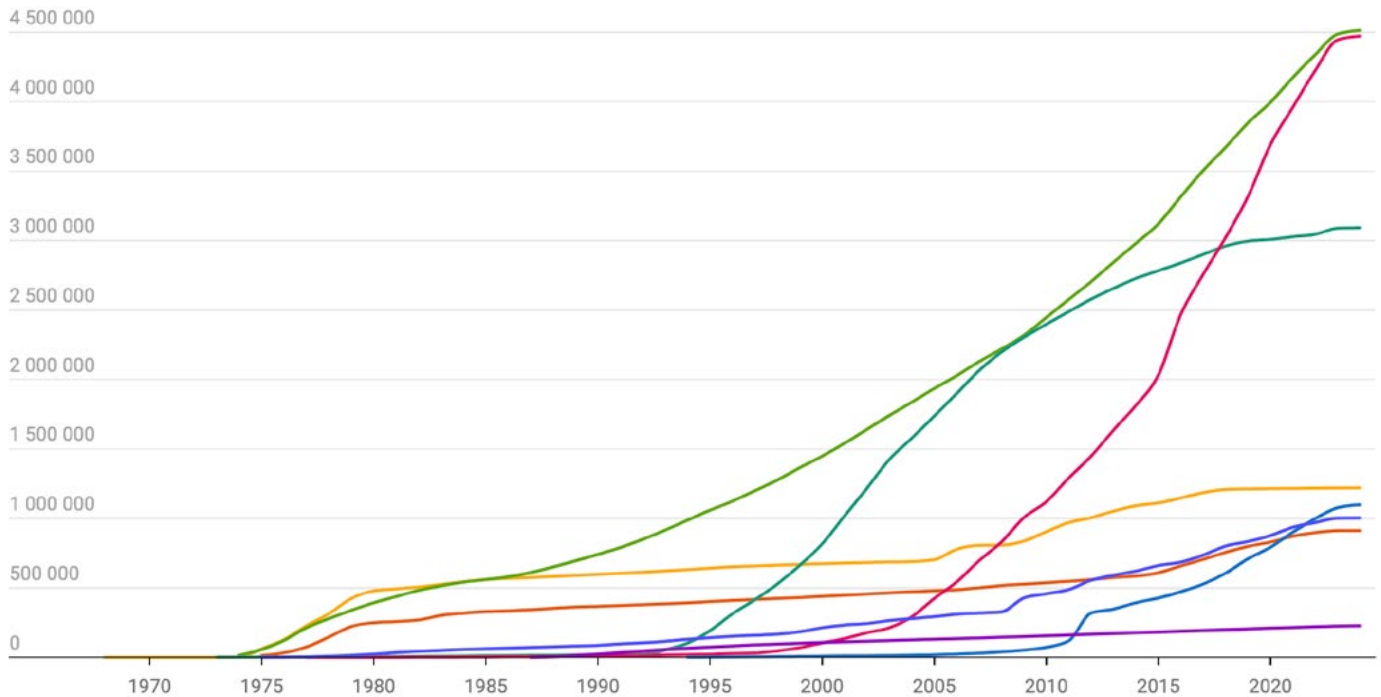
Methou, P., Cueff-Gauchard, V., Michel, L.N., Gayet, N., Pradillon, F. & Cambon-Bonavita, M.-A. (2023) *Symbioses of alvinocaridid shrimps from the South West Pacific: No chemosymbiotic diets but conserved gut microbiomes*. *Environmental Microbiology Reports*, 15(6), 614–630. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.13201>

Partager les données et les informations marines

Océan numérique & modélisation

Capteurs & systèmes de mesure

L'Ifremer assure depuis sa création la collecte et la diffusion de données marines. Les orientations communautaires (directive INSPIRE) et nationales (Plan national pour la science ouverte, code des relations entre le public et l'administration...) ont conforté cette raison d'être. L'institut exerce des responsabilités particulières en contexte d'appui aux politiques publiques à l'égard de deux banques d'informations sur les ressources et l'activité de pêche d'une part (système d'information Harmonie), et pour les données sur l'environnement littoral et côtier (système d'information Quadrige). Ces banques d'information concourent aux systèmes d'information fédérateurs sur la biodiversité (système d'information sur l'eau, système d'information milieu marin) et permettent à l'État de répondre à ses obligations de rapportage européen et international dans leurs domaines respectifs.



↑ Fig. 17

Cumul annuel par thématiques des résultats saisis dans le système d'information Quadriga

- Phytoplancton et hydrologie
- Zooplancton
- Contaminants chimiques et écotoxicologie
- Microbiologie
- Benthos dont récifs coralliens
- Ressources aquacoles
- Déchets
- Autres

Nombre Total de résultat : 16 545 332
 Mise à jour : Octobre 2024
 Source: Ifremer, 2024
 Créé avec Datawrapper

Activités conventionnées, réalisations remarquables en 2023

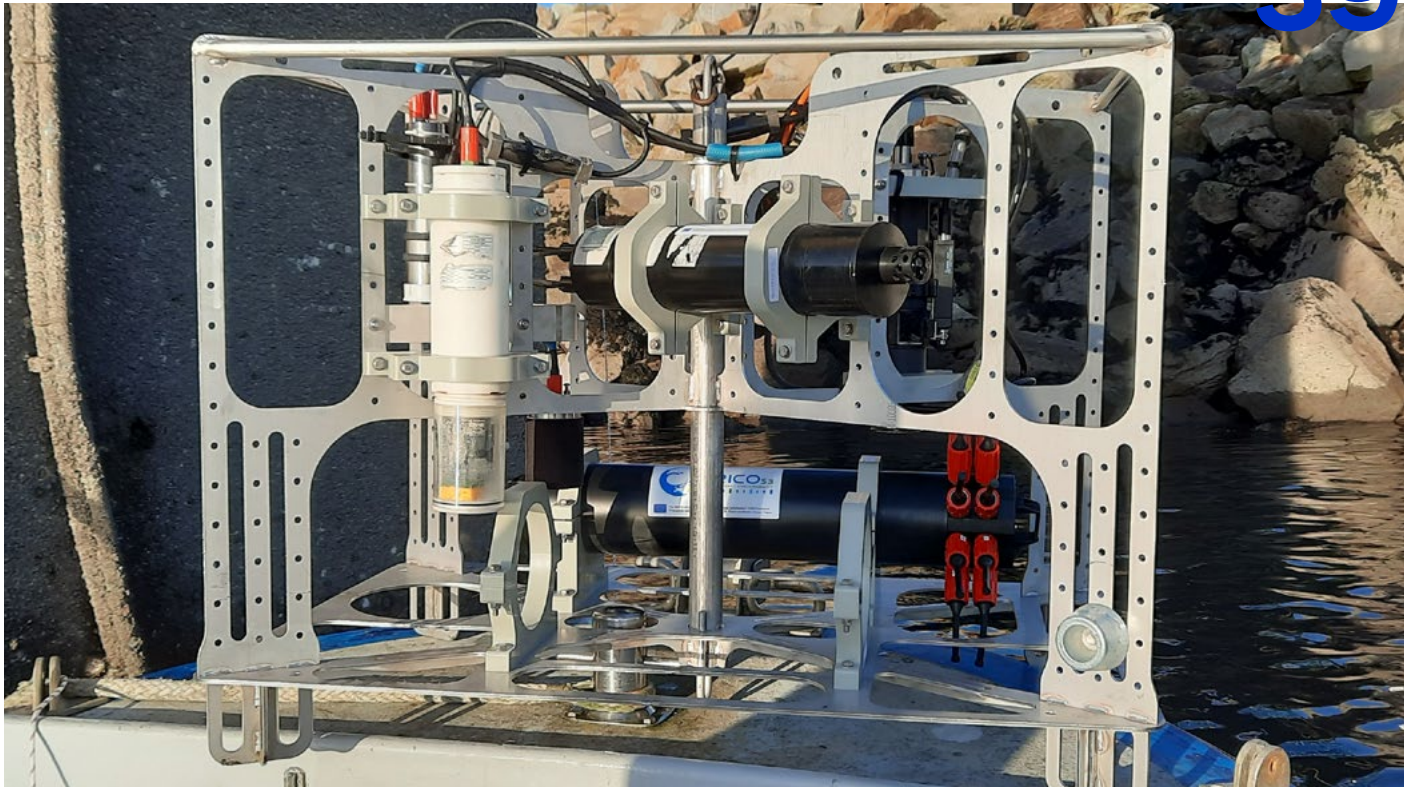
● Depuis son origine, l'Ifremer s'est pleinement investi dans la constitution et le développement du Système d'information sur le milieu marin (SIMM). Depuis que le législateur avait confié à l'ex-Agence française de la biodiversité la responsabilité des systèmes d'information fédérateurs sur la biodiversité, l'Ifremer assurait auprès de celle-ci une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre. De 2017 à 2022, le partenariat Ifremer – OFB autour du SIMM a conduit à plusieurs réalisations importantes :

1. La réalisation de l'urbanisation du système d'information et de ses principes d'architecture intégrant la définition des services rendus et la cartographie applicative.
2. La mise en ligne et le support de plusieurs sites web du domaine milieumarinfrance avec un portail national regroupant les données marines françaises et plusieurs sous-domaines dont l'un régional dédié à l'Océan Indien qui a reçu un accueil très favorable auprès des acteurs publics locaux.
3. La mise en place de plusieurs catalogues de données comportant aujourd'hui plus de 2000 références provenant de l'ensemble des acteurs du milieu marin et regroupant notamment de façon structurée, pérenne et interopérable les données du rapportage français de la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM).

4. La mise en place du système d'administration des référentiels avec la constitution et le choix de plusieurs référentiels (taxinomie, acteurs, ports, etc.) s'appliquant au SIMM ainsi que d'une architecture technique permettant un accès simple et performant à leurs contenus.

En 2023, l'organisation portée par le Schéma national pour les données du milieu marin a été réaffirmée et la gouvernance du SIMM a évolué en tenant compte par ailleurs du souhait de l'OFB de renforcer les synergies et les chantiers engagés entre les systèmes d'information fédérateurs. En ce sens, l'Ifremer est repositionné dans un rôle d'expert scientifique et technique auprès des acteurs du milieu marin. Dans ce contexte, les missions alors dévolues à l'Ifremer seront progressivement transférées aux équipes de l'OFB jusqu'à la fin du 1er semestre 2024, dans un objectif de continuité de service.

● Créé par l'Ifremer en 1996, le système d'information (SI) Quadriga est devenu en 2008 le pilier du Système d'Information sur l'Eau (SIE) pour les eaux littorales. Ces dernières années, le SI Quadriga est également devenu l'une des « banques » pour les données du SIMM. Des outils ont été développés pour saisir, diffuser et traiter les données et ont fait l'objet d'évolutions régulières. Malgré ces évolutions, l'applicatif de saisie Quadriga dans sa version actuelle repose sur les technologies disponibles lors de sa mise en œuvre, qui pour certaines souffrent d'obsolescence. Il est également nécessaire de faire évoluer le système pour faire face aux nouveaux besoins thématiques et d'ergonomie exprimés par les utilisateurs. C'est l'objet du projet Quadriga 3.



Grâce à l'obtention, en 2022, d'une subvention de la Direction Interministérielle du NUMérique (AAP FranceRelance), des chantiers majeurs d'évolution ont pu être conduits : développement d'un nouvel applicatif de gestion des référentiels de données ; refonte et amélioration des fonctionnalités d'extraction de données ; amélioration de l'interface Hub'Eau - SI Quadrige et amélioration de l'exposition des données (Open Data) grâce notamment au développement et à la mise à disposition d'API privées et publiques ; développement de vues de synthèse des données en base Quadrige et facilités d'extraction des données correspondantes (fig. 17).

- En 2023, en réponse à une demande spécifique de la Réserve Marine de La Réunion, l'Ifremer a proposé un projet pour la création et la mise à disposition de métriques et d'indicateurs liés aux suivis récifaux (corail, poissons, invertébrés, etc.) dans un premier temps, et plus largement à l'état du milieu marin, pour d'éventuels développements ultérieurs. Ces indicateurs devront être corrélés aux pressions anthropiques et accessibles au plus large public possible. Un outil (portail) en ligne dédié sera conçu et déployé pour ce faire. Cet outil devra en outre permettre d'améliorer le pilotage des suivis par la Réserve. Le périmètre sera étendu dans un second temps à l'hydrologie et au phytoplancton. Le projet démarrera courant 2024, grâce au soutien du fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires (La Réunion), pour une durée de 3 ans. Il constitue une première brique essentielle au développement d'un outil national dédiée à la valorisation des données de l'observation et de la surveillance littorales (projet en cours de lancement).

Recherches en appui aux politiques publiques

- Dans le cadre du projet EU JERICO-S3 coordonné par l'Ifremer, un module générique de mesure à vocation côtière a été développé par l'unité recherche et développement technologiques puis installé en version autonome sur le fond (20 mètres de profondeur) en avril sur le site régional « Manche-Mer du Nord » auprès de la bouée SMILE (<https://coast-hf.fr/> ; <https://www.ir-ilico.fr/>) afin de confirmer sa vocation à surveiller et détecter les blooms phytoplanctoniques. Pour ce faire, le Coastal EGIM (EMSO Generic Instrument Module) est équipé de capteurs spécialement adaptés au suivi biologique d'un site dont une caméra dédiée à l'imagerie phytoplanctonique *in situ* (fig. 18). Grâce au projet JERICO-S3 le Coastal EGIM embarque pour la première fois des algorithmes pour choisir en temps réel la meilleure stratégie de mesure et lancer des alertes en cas de détection de bloom phytoplanctonique. Le Coastal EGIM a été conçu à partir de l'EGIM précédemment développé dans le cadre de l'Infrastructure de Recherche EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory). La version côtière a été optimisée au niveau du coût en profitant des contraintes côtières plus limitées pour les enceintes étanches. L'EGIM s'appuie sur un cœur électronique (COSTOF2, *Communication & Storage Front-end, 2nd generation*) jouant le rôle d'automate central de pilotage des capteurs ainsi que des actionneurs embarqués sur la station. Cette boîte de jonction a fait l'objet auparavant d'un transfert industriel avec la société RTSYS. La version côtière immergeable jusqu'à 200 m JERICO complète le catalogue (<https://rtsys.eu/>).

↑ Fig. 18

Coastal EGIM avant son déploiement pré-opérationnel sur le site de Sainte Anne du Porzic en décembre 2022
Crédits : Ifremer – M. Repecaud

- Les nouvelles techniques d'études de l'océan génèrent une quantité importante de données scientifiques issues d'instruments de mesure et de simulations numériques de plus en plus précises et gourmandes en temps de calcul et en stockage des données. Pour s'adapter à ces besoins croissants, l'Ifremer a entamé le renouvellement des infrastructures du centre de calcul haute performance Datarmor, le seul en France dédié à l'océan, au sein du Centre Ifremer Bretagne à Plouzané (Finistère). Depuis 2017, l'Ifremer fédère les acteurs de la recherche océanographique en garantissant le stockage des données scientifiques et leur analyse grâce au supercalculateur Datarmor, le seul centre de données entièrement dédié au domaine marin en France. Le centre de calcul Datarmor dispose actuellement d'une puissance de calcul de 426 téraflops (l'équivalent de 2 à 3000 ordinateurs individuels réunis), d'une capacité de stockage de 10 péta-octets (10 millions de giga-octets) et de 4 supercalculateurs dédiés à l'intelligence artificielle. L'articulation de ces trois fonctions en font une infrastructure informatique originale entièrement adaptée à l'étude et à la modélisation de phénomènes environnementaux, qui permet de réaliser des simulations numériques de l'océan et ses évolutions.

Pour répondre aux besoins croissants des techniques de modélisation et garantir à la communauté scientifique l'accès à un équipement de pointe en matière de stockage des données et de puissance de calcul, l'Ifremer a entamé en 2023 la modernisation des infrastructures du centre Datarmor. L'infrastructure s'inscrit dans une stratégie européenne et nationale d'analyse des données scientifiques, mais également dans le rayonnement scientifique de la région Bretagne. Son renouvellement est soutenu par l'État et la Région Bretagne dans le cadre du « Contrat de Plan État-Région 2021-2027 » (CPER) de Bretagne à hauteur de 4,5 millions d'euros, et du projet Equipex+ GAIA-Data, porté notamment par l'infrastructure de recherche nationale Data Terra, à hauteur de 1,2 millions d'euros (3^{ème} Programme d'Investissements d'Avenir opéré pour le compte de l'État par l'ANR), désormais intégrés au plan France 2030.

Le mot du président-directeur général de l'Ifremer

Depuis sa création il y a 40 ans, l'Ifremer, seul organisme de recherche public entièrement dédié à l'océan, témoigne d'un engagement constant aux côtes de l'État et des collectivités pour la conduite de politiques publiques élaborées dans un cadre national ou européen. Ces activités scientifiques couvrent un large spectre par leur nature (surveillance, expertise, référence) comme par les thématiques investiguées (pêche, aquaculture, santé des écosystèmes marins, santé animale et humaine, énergies marines renouvelables, grands fonds marins...).

Dans le paysage des recherches marines, françaises ou internationales, ces activités d'appui aux politiques publiques ont contribué à bâtir l'identité unique et bien vivante de notre Institut qui y consacre une part significative de ses compétences et ressources. Leur importance, pour les commanditaires publics comme du point de vue de l'Ifremer, nous amène à en dresser un bilan annuel que, pour la première fois, nous avons choisi de diffuser largement.

Ce bilan qui vous est présenté ici illustre la manière dont la curiosité, la créativité et l'excellence de nos chercheurs, ingénieurs et techniciens alimentent notre expertise, bâtie au plus proche du terrain et des acteurs du monde maritime. L'association et le parangonnage de nos partenaires, scientifiques et professionnels, fréquemment cités au cours de ce rapport, sont des facteurs essentiels de la reconnaissance dont bénéficient nos travaux.

Bien que cela soit souvent oublié, l'océan est au cœur de la crise environnementale profonde à laquelle nos sociétés font face : dérèglement climatique, altération de la biodiversité, surexploitation des ressources vivantes, pollutions, conflit d'usages en sont différentes facettes. La science doit jouer pleinement son rôle dans l'anticipation, l'éclairage et la conduite des changements, transitions et mutations que cette crise appelle : elle doit non seulement apporter à la société et aux pouvoirs publics les connaissances qui permettent de poser un diagnostic et de se projeter, mais aussi

participer à l'élaboration des solutions, innovations (de toute nature), outils et politiques publiques nécessaires pour réaliser les transformations que nous devons opérer dans nos modes de vie et de production.

Je souhaite que l'Ifremer prenne toute sa place dans ce mouvement. Dans la continuité des efforts engagés depuis 2020 avec la signature de la Charte de l'ouverture à la société ou la création des conférences de presse annuelles « Comment vont les poissons ? » et « Surveiller le littoral », l'Institut confortera ainsi sa politique de dialogue avec les parties-prenantes, la société civile, les collectivités et les pouvoirs publics à tous les niveaux.

Nous vivons un affaiblissement de la confiance en la science dans les sociétés démocratiques. Afin que les conditions d'un dialogue fécond entre science et société soient réunies, les aspects éthiques et déontologiques feront l'objet d'une attention renforcée et l'Ifremer accélérera ses actions de partage des connaissances auprès de tous les publics.

Notre politique de partenariat avec nos homologues de la recherche, au sein des unités mixtes de recherche, sur les sites où nous sommes implantés et au niveau national ou européen, nous aidera à mobiliser les compétences nécessaires non seulement pour accompagner la mise en œuvre des politiques publiques mais aussi, ce point est essentiel, pour les éclairer tout au long de leur cycle de vie, depuis leur idéation et leur élaboration (ex ante) jusqu'à leur évaluation (ex post), en prenant en compte les enjeux du temps long.

En 2024, maintenons le cap vers une science responsable, qui décrypte et soutient la compréhension des changements environnementaux dans leurs volets océaniques, qui s'affirme résolument ouverte sur la société et qui met à l'honneur l'océan en tant que puissant levier des transitions nécessaires pour relever le défi d'un développement durable.

François Houllier



François Houllier,
président-directeur général
de l'Ifremer

