



Notre projet d'institut

Horizon 2030

Définir
nos ambitions
et nos lignes
d'évolution
pour la prochaine
décennie

Préface



Dans ce domaine, la responsabilité de la France est immense, à la mesure de la surface et de la diversité de son domaine maritime, le deuxième au monde. Par la prise en charge de la flotte océanique française et par ses missions, structurées par le triptyque "recherche - expertise - innovation", l'Ifremer joue un rôle central, mais non exclusif, dans le paysage des sciences marines françaises qu'il partage avec d'autres organismes de recherche et avec le réseau des universités marines.

C'est dans ce contexte, et après avoir été évalué par le Hcéres en 2017, que l'Ifremer a choisi, sous l'impulsion de François Jacq qui le présidait alors, d'élaborer ses orientations stratégiques à l'horizon 2030. La méthode choisie a été délibérément ouverte : elle a mobilisé largement en interne comme à l'externe ; elle a donné lieu à des débats dans les instances de l'établissement.

Fruit de cette démarche, ce document fournit un cap : pour tracer les perspectives scientifiques qui aideront à comprendre le fonctionnement et la dynamique du système océanique jusqu'en 2100 ; pour mieux coupler observation, expérimentation et modélisation ; pour penser les sciences marines en société et stimuler l'innovation et les partenariats socio-économiques ; pour assumer le rôle d'institut français de référence en sciences et technologies marines, attentif à la qualité de ses partenariats à tous les niveaux, régional, national, européen et international.

Ce document stratégique fournit aussi, naturellement, la perspective dans laquelle s'inscrira le prochain contrat quinquennal d'objectifs et de performance de l'institut.

François Houllier |
Président-directeur général de l'Ifremer

Bien commun soumis à des pressions anthropiques croissantes, source de nombreux services écosystémiques, nouvelle frontière économique, l'océan est aujourd'hui au cœur d'enjeux majeurs. L'Organisation des Nations Unies lui a ainsi dédié son 14^e "Objectif de développement durable" (ODD) et plusieurs des 16 autres objectifs le concernent.

Il en résulte un formidable besoin de connaissances scientifiques, de développements technologiques et d'innovations, ou encore d'approches systémiques sans lesquelles il ne peut être question de durabilité. Ces enjeux exigent aussi que les données et connaissances soient partagées et synthétisées, pour qu'elles puissent éclairer les politiques publiques et les pratiques des citoyens.

Depuis le début des années 2010, de nombreuses initiatives internationales ont ainsi été lancées par la Commission européenne, l'OCDE ou encore l'Unesco. La future "Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (2021-2030)" en est une illustration forte.

Sommaire

Introduction	p. 4
Chapitre 1 Un acteur en prise avec la société	p. 10
Chapitre 2 Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100	p. 22
Chapitre 3 Un moteur de l'innovation	p. 52
Chapitre 4 Un catalyseur pour les sciences et technologies marines	p. 64
Conclusion	p. 74

Directeur de la publication : François Houllier.

Rédaction : issu d'un travail collectif qui a mobilisé plus d'une centaine de salariés et des partenaires extérieurs, le projet d'institut a été coordonné par la direction générale et la direction scientifique de l'Ifremer, en association étroite avec le comité scientifique.

Crédits photo : Esprit Sorcier ; Ifremer (J. Burdallet ; I. Cheret ; O. Dugomay - Nautile/Hermine ; S. Lesbats ; E. Mamaca ; C. Pau ; T. Peel ; S. Tourbot-Paul ; WACS 2011) ; Irène Motin ; Tim Mossholder/Unsplash ; USPC.

Conception/réalisation : Alphacoms.

Introduction

Longtemps, l'océan a été le parent pauvre de l'aventure scientifique. Non qu'il ne suscitât une fascination, empreinte de romantisme, mais il n'en demeurait pas moins un objet de second rang : d'autres urgences s'imposaient. Peu à peu, cette image s'est estompée. Ces dernières années ont vu une progressive prise de conscience. Son rôle de régulateur des principaux mécanismes du système Terre tout autant que la réalité de l'activité économique (l'océan est le vecteur de l'essentiel du transport mondial), en passant par les enjeux géostratégiques ou les bénéfices issus des services prodigués par les écosystèmes marins ont mis l'océan à l'ordre du jour. Le monde est aujourd'hui convaincu qu'un effort tout particulier s'impose quant à la connaissance, l'observation, la modélisation, les technologies nécessaires et l'intégration des savoirs pour une appréhension d'ensemble de l'océan.

L'Ifremer est de longue date aux avant-postes des sciences et technologies marines. Voulu comme un outil au service de la découverte des océans de la côte au large, il apporte une contribution marquante, dans des champs disciplinaires très divers, comme concepteur et opérateur d'infrastructures et de technologies, et comme appui de l'État et du monde économique.

Au moment où l'intérêt pour les océans devient une nécessité et une réalité qu'il convient de concrétiser, l'Ifremer a plus que jamais sa place dans le dispositif national, une place éminente à la mesure de son expérience de l'exploration des océans.

L'Ifremer a été, et doit continuer, d'être demain, un lieu où se rassemblent les savoirs et les compétences en matière de recherche, de technologie et d'innovation sur le milieu marin. Certes, il ne saurait être seul ou isolé dans cette entreprise, mais il doit jouer un rôle de tête de réseau et d'inspirateur, assurant la mobilisation des communautés scientifiques et des divers acteurs socio-économiques, constituant à ce titre un atout précieux pour l'action maritime de l'État. Les comparaisons internationales ne font que renforcer la pertinence de cette approche, de nombreux pays s'étant de même dotés d'un institut dédié aux sciences marines, catalyseur de l'action nationale et garant scientifique et technique en sciences marines.

C'est dans ce contexte que l'Ifremer a mené entre septembre 2017 et l'été 2018 une réflexion sur son projet d'institut, qui doit définir ses ambitions et dessiner son contour futur à l'horizon 2030.

Comme toujours dans le champ scientifique et technique, cette perspective est une cible qui connaîtra bien des ajustements, au rythme des avancées comme des difficultés rencontrées, mais il est utile de l'affirmer pour ouvrir cette nouvelle page de l'histoire de l'institut à un moment où les transitions environnementale, énergétique ou numérique sont devenues si prégnantes.

C'est aussi pour cette raison qu'il s'agit d'un projet d'institut et pas uniquement d'un nouveau plan stratégique à caractère scientifique. Il y va en effet d'une culture d'ensemble de l'institut, qui touche toutes ses activités, donnant la garantie de l'adéquation de ses actions à ses missions et ses ambitions, qui promeuve une volonté d'innovation, et qui sache renforcer l'efficacité et la rigueur des processus internes. De telles préoccupations ne peuvent s'inscrire que dans la durée et être le fruit d'efforts continus, comme le sont toutes les transformations culturelles.

L'action de l'institut se situe à la confluence de plusieurs champs de force – recherche, innovation en lien avec le monde économique, appui aux politiques publiques – triptyque qu'il convient d'organiser en maîtrisant la tension inhérente à l'existence de ces diverses missions pour définir un modèle efficace. C'est en effet en travaillant avec ces trois finalités sans se laisser entraîner vers une seule des composantes, que l'institut trouvera sa pleine justification et renforcera son identité d'acteur indispensable des sciences et technologies marines.

En particulier, il conviendra d'assurer le lien permanent entre les trois volets du triptyque de sorte que, par exemple, l'appui aux politiques publiques découle de la compétence scientifique et soit aussi corrélé avec les problématiques d'innovation. Ainsi, il ne saurait exister de ségrégation transformant l'institut soit en bureau d'études, régie pour la puissance publique, soit en organisme dédié à une recherche détachée des préoccupations quotidiennes du monde maritime. L'approche de toutes les problématiques marines avec ce triple esprit doit être la marque de l'institut.

Les ambitions seront déclinées au fil de quatre chapitres, afin d'être rassemblées, au final, dans une vision de l'identité de l'institut au cœur des transitions qui affectent le monde maritime.

1. Un acteur en prise avec la société

L'Ifremer entend revisiter sa pratique scientifique et technique pour être plus que jamais un acteur en prise avec la société.

Pour cela, l'institut doit tenir compte de l'évolution du contexte dans lequel il déploie ses activités et s'interroger sur les mécanismes institutionnels et informels du dialogue entre l'institut/les scientifiques et la société/les citoyens/leurs représentants, la mobilisation des citoyens dans l'observation, les méthodes et pratiques d'interaction avec les parties prenantes dans des démarches partenariales, les modalités de communication et de médiation scientifique et l'expertise.

Au final, l'ambition de l'institut en matière de *sciences en société* recouvre quatre enjeux principaux qui seront décrits dans le chapitre 1.

Un institut exemplaire : éthique et déontologie

Il s'agit ici de la mise en place d'un dispositif destiné à assurer la rigueur, l'intégrité des travaux scientifiques et l'examen des questions éthiques soulevées par les activités de l'institut. Un tel dispositif constitue le préalable indispensable à l'accomplissement des missions de l'institut et à l'établissement d'une relation de confiance entre l'institut et la société.

Approches partenariales : un institut à l'écoute de la société

L'institut développe des approches partenariales qui consistent à associer, à des degrés divers, des acteurs privés et/ou publics dans l'élaboration et la mise en œuvre de programmes de recherche (y compris la prise en compte des connaissances issues de l'expérience). On inclut dans cette catégorie les sciences participatives : association d'acteurs privés à la production de connaissances dans le cadre de programmes de recherche.

Recherche, expertise et appui aux politiques publiques : un cercle vertueux

L'institut appuie l'État, les collectivités territoriales et les secteurs professionnels dans la conception de politiques publiques intégrées et innovantes en transférant les résultats issus de la recherche, assure une expertise intégrée en associant les parties prenantes tout en conservant son indépendance, et prend également en compte les questions scientifiques émergeant des travaux d'appui aux politiques publiques dans l'élaboration de sa programmation scientifique.

Communication et médiation scientifique : de l'Ifremer vers la société

Le but est de sensibiliser à la démarche scientifique et aux activités menées par l'Ifremer, de diffuser les résultats de travaux de recherche initiés et conduits par les chercheurs vers le grand public, les écoles, les acteurs professionnels, les associations, directement ou par l'intermédiaire des médias. Cela inclut production, bancarisation puis mise à disposition de tous des données environnementales produites par l'institut et, en retour, le recueil par l'institut des questions posées par la société.

2. Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100

L'institut entend concevoir, développer et mettre en œuvre un projet scientifique ambitieux afin de réunir les éléments nécessaires pour comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100. L'objectif est de décrypter les processus d'évolution et de modéliser le système océan (colonne d'eau, sédiments et écosystèmes de manière couplée) aux échelles décennale à centennale.

Depuis un demi-siècle, la recherche en sciences marines au sens large est passée d'une approche naturaliste et descriptive de l'océan mondial à une approche plus structurée et fonctionnelle. Cette évolution a été justifiée et amplifiée par la prise de conscience des États, des organisations internationales et du grand public de l'importance de l'océan en matière de biodiversité, de régulation du climat et de production de services dont l'approvisionnement en ressources biologiques, minérales ou énergétiques, et par les avancées technologiques qui amplifient l'accessibilité à l'océan.

Au cours de cette dernière décennie, avec la prise de conscience du changement global, il est apparu que ces enjeux exigeaient de nouvelles connaissances pour appréhender les modifications profondes du milieu marin : élévation de la température, acidification, évolution des écosystèmes, évolution de la cryosphère, etc. L'étude et la compréhension de ces phénomènes sont d'autant plus cruciales que la plupart d'entre eux sont en accélération et qu'il n'existe ni compréhension globale des processus en cours, ni évaluation de la résilience des écosystèmes par rapport à ces changements rapides ni, enfin, de solutions évidentes d'adaptation de moyen ou long termes.

L'implication de l'Ifremer conserve toute sa pertinence dans ce contexte. L'Ifremer s'est en effet construit sur la connaissance du milieu océanique *via* l'observation et la compréhension de phénomènes géologiques, physiques, chimiques et biologiques ainsi que sur les études des ressources marines et de leurs écosystèmes.

L'anthropisation du littoral, la montée du niveau de la mer, les aléas climatiques, ou encore l'augmentation des besoins en ressources marines obligent à penser autrement la recherche de demain. La façon de communiquer sur la complexité des socio-écosystèmes et sur l'incertitude concernant leur trajectoire future en réponse à différents changements est un enjeu majeur.

Cette question induit le développement de modèles de recherche et d'expertise qui apportent des réponses aux questions émergentes dans un contexte de changement global.

Les scientifiques du milieu marin doivent désormais intégrer des données d'origine (mesures, observations, textes...) et d'échelle variées pour se projeter dans l'avenir, modéliser pour anticiper et ainsi construire des scénarios plausibles qui favorisent une politique de gestion durable des océans.

Ce constat oblige l'Ifremer à changer de paradigme pour relever l'ambition de décrypter les processus d'évolution et modéliser le système océan en 2100, ce qui constitue le projet scientifique de l'institut.

Cette nouvelle étape dans la vie de l'institut doit s'accompagner de la formulation d'axes de recherche ambitieux, d'une volonté d'innovation au service de nouveaux défis technologiques et du développement d'interactions élargies avec la société, au-delà du seul appui aux politiques publiques actuel.

Au final, ce projet est construit sur des choix d'enjeux scientifiques dictés par l'élargissement du champ des connaissances nécessaires pour comprendre l'océan, l'évolution du paysage de la recherche, l'exigence de la société et de l'État en matière d'aide à la décision.

Tout en capitalisant sur une grande partie du socle disciplinaire, le projet propose une approche fondamentalement pluri- et transdisciplinaire. Les enjeux scientifiques prioritaires peuvent être regroupés et organisés dans six grands domaines.

- (i) Dynamique et impacts de l'évolution de l'océan physique à l'horizon 2100.
- (ii) Événements climatologiques et géologiques.
- (iii) Interface océan-lithosphère.
- (iv) Biodiversité et écosystèmes.
- (v) Évolution des organismes dans le cadre du changement global.
- (vi) Gestion adaptative des socio-écosystèmes marins.

De même, cinq défis autour de l'observation et de la modélisation ont été identifiés pour atteindre les objectifs scientifiques du projet.

- (i) L'observation haut débit pluridisciplinaire et multiplateforme des écosystèmes.
- (ii) L'expérimentation pour améliorer notre compréhension des processus.
- (iii) La modélisation prédictive intégrée multicompartiments, multi-échelles, multi-usages et multi-impacts des socio-écosystèmes.
- (iv) Les observations dans les grands fonds.
- (v) Le développement des technologies habilitantes.

3. Un moteur de l'innovation

L'institut entend être un moteur de l'innovation dans le monde des sciences et technologies marines. Cette ambition concerne évidemment le développement des sciences et des technologies en lien avec le monde économique et industriel, et elle est concrétisée par la mise en œuvre de la démarche InOcéan (décrite ci-après) et de processus internes à l'institut. La capacité de l'institut à développer des pratiques efficaces et originales, notamment en appui aux politiques publiques, sera un facteur de réussite.

La démarche InOcéan

Par ses missions, l'Ifremer doit avoir une influence sur le développement du monde économique maritime. Cette influence passe en particulier par la valorisation de ses savoir-faire, mais aussi par des projets de recherche partenariale qui ouvrent aux acteurs économiques le bénéfice des acquis scientifiques pour proposer des produits et des services innovants pour une exploitation responsable de l'océan. Il existe indubitablement un potentiel important en matière de croissance économique appuyée sur le milieu marin, celle-ci étant une priorité de plus en plus nettement affichée aux plans national et européen ("croissance bleue").

La démarche InOcéan vise tout d'abord à générer un état d'esprit pour insérer l'innovation dans la pratique de l'institut. Plus spécifiquement, il s'agit d'inciter les chercheurs à se poser la question le plus tôt possible de l'utilisation de leurs recherches et des incidences de celles-ci aussi bien sur le monde économique que sur les politiques publiques. De ce fait, la démarche d'innovation de l'institut n'est évidemment pas séparable des deux autres composantes du triptyque (recherche et appui aux politiques publiques). Cette approche doit être portée à tous les niveaux de l'institut et dans toutes les composantes du triptyque. Les grands choix de thèmes de recherche, par exemple, doivent ainsi s'efforcer de clarifier la ou les finalités de la recherche sur le plan tant de la compréhension du monde que de la valorisation dans le monde économique. Elle favorisera ainsi une dynamique d'ouverture au monde économique, qui se concrétisera par diverses actions allant de campus ouverts aux industriels à la création de start-up.

Cela signifie également que la démarche InOcéan n'est pas simplement une opération qui identifierait quelques champs de travail propices à l'innovation ; elle a vocation à accompagner l'institut dans la durée. Au final, elle est une des composantes majeures du projet de l'institut. Elle est d'autant plus importante qu'elle est en lien étroit avec la légitimité de l'institut et sa valeur ajoutée par rapport à tous les acteurs impliqués dans la recherche marine. C'est en ce sens qu'il s'agit d'une démarche autour de la culture de l'institut, confortant l'équilibre du triptyque fondateur.

L'innovation comme vecteur de renouvellement dans la pratique scientifique et technologique

L'exigence d'innovation doit aussi amener l'institut à se saisir des enjeux de demain, qui émergent à la croisée des transitions en cours (écologique, numérique...). C'est ainsi qu'un accent particulier sur l'observation de demain et sur la maîtrise des données, sur *l'océan numérique*, est au cœur des préoccupations de l'institut. Deux pans de recherche seront à développer : biodiversité et interface lithosphère-atmosphère.

L'ouverture à la société telle que décrite dans le chapitre 1 constitue également une forme d'innovation dans l'exemplarité en matière d'éthique et de déontologie, d'écoute de la société par des approches partenariales, d'association des parties prenantes dans les processus de construction de la recherche et de l'expertise. Ainsi, dans le domaine de l'appui aux politiques publiques, l'Ifremer a commencé à inventer un nouveau modèle afin d'être plus efficace en soutien à l'État. En effet, au fil des années, l'institut s'était parfois orienté vers un rôle de maître d'œuvre des actions au service de l'État, assurant alors des tâches qui auraient aussi bien pu être menées par d'autres. Il s'agira à l'avenir de se placer dans un rôle de transfert régulier des acquis développés et formalisés par l'institut, de sorte qu'il puisse se positionner là où il est pertinent : comme préfigurateur de l'observation et de la surveillance de demain en anticipation des politiques publiques. L'institut est ainsi amené de plus en plus à se placer dans un rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage au service de l'État et à organiser plus efficacement la circulation des connaissances et la promotion de l'innovation, dans un dialogue étroit avec les services ou agences de l'État.

L'innovation organisationnelle

Cette démarche d'innovation s'étend aussi, évidemment, aux processus internes et à l'efficacité propre de l'institut. Le transfert du siège social vers Brest-Plouzané (29) et la refonte du réseau territorial sont autant d'occasions de faire évoluer l'organisation de l'institut au diapason des bouleversements extérieurs et de nos nouvelles orientations. Il importera dans les années à venir, de développer la capacité de travail transversal entre les diverses structures de l'institut.

Accomplir cette transformation suppose aussi de se doter des moyens humains nécessaires. L'une des principales richesses de l'Ifremer réside assurément dans ses compétences. Les progrès continus de l'institut depuis une quinzaine d'années dans le triple champ d'action de la recherche (production en hausse), de l'appui aux politiques publiques (prise en charge d'enjeux plus nombreux et plus complexes), des infrastructures (nouveaux développements et insertion dans une dynamique européenne), attestent la qualité de ses personnels.

Le maintien et l'adaptation de ce potentiel aux nouveaux enjeux seront d'autant plus cruciaux. Cela doit passer par la conservation ou la création de masses critiques dans des domaines où l'institut souhaite s'investir pour les dix années qui viennent, en évitant toute dispersion de ses forces.

Il faudra savoir se saisir des thématiques émergentes et faire partager à l'ensemble du personnel de l'institut l'implication parallèle dans les trois volets de son activité. Cela nécessitera des dispositifs nouveaux de coopération et d'implication du personnel pour le mobiliser sur ces nouveaux enjeux. En particulier, la mise en œuvre du projet d'institut devra être appropriée et relayée par l'ensemble de la hiérarchie. Il conviendra de se doter de dispositifs de suivi qui ouvrent la possibilité de débattre des orientations et des difficultés rencontrées au fil de leur mise en œuvre.

L'institut devra également donner plus de visibilité à ses moyens technologiques et à ses infrastructures afin de les utiliser pour bâtir des projets scientifiques internationaux ou dans un cadre d'innovation et de valorisation.

De façon plus large, l'institut devra inventer de nouvelles manières de gérer les carrières et d'assurer tant le renouvellement des compétences que la mobilisation.

Cela passe certainement par la refonte de la convention d'entreprise et des dispositifs associés qui datent maintenant de près de 30 ans. Tout cela devra aussi trouver sa traduction dans une politique de recrutement qui valorise au mieux les atouts de l'institut et le positionne comme un acteur clé du monde maritime.

Afin de maintenir l'efficacité de l'institut dans sa capacité à aborder de manière systémique les divers enjeux liés au domaine marin, le développement d'une dimension "qualité" complétée par une approche de maîtrise des risques sur tous les volets de l'activité de l'institut sera poursuivi.

4. Un catalyseur pour les sciences et technologies marines

L'institut entend jouer un rôle de catalyseur pour les sciences et technologies marines françaises en s'affirmant comme une tête de réseau, acteur des politiques de site et facteur de mutualisation entre les divers acteurs, en réponse aux défis des transitions en cours dans le contexte international.

Un constat positif peut être posé sur le positionnement international de l'institut et son insertion dans les réseaux correspondants. Le modèle développé par l'institut est perçu comme original et attractif par ses partenaires. Il suscite la curiosité, en particulier du fait de l'alliance de thématiques et de missions aussi diverses. Au vu de ces atouts, l'ambition de l'institut est de s'imposer comme l'un des leaders internationaux en sciences marines en utilisant tout à la fois sa diversité, sa présence sur l'ensemble de la planète et sa reconnaissance en matière d'infrastructures marines. Cette ambition passe par :

- un renforcement des coopérations pour aller au-delà des rencontres d'opportunité et bâtir des programmes ou des projets communs inscrits dans la durée, en concentrant l'action sur quelques partenaires clés ;
- une affirmation renforcée de la place de l'Ifremer au plan européen comme l'un des trois instituts leaders, en consolidant les succès remportés dans le cadre des programmes européens et en valorisant au mieux la dimension infrastructures au sein des diverses feuilles de route ;

- une ouverture élargie vers l'international par la promotion des échanges et une capacité d'attraction vis-à-vis de chercheurs ou ingénieurs étrangers.

La dimension européenne est essentielle pour l'institut. Les succès remportés dans le cadre du programme Horizon 2020 invitent à s'investir plus avant en consolidant les acquis et en développant l'implication de l'Ifremer, ce d'autant que l'Union européenne est demandeuse d'interlocuteurs scientifiques et techniques reconnus pour l'accompagner dans sa prise en compte des enjeux maritimes.

À l'échelle française, l'institut s'inscrit résolument dans les politiques de site avec trois principales valences autour desquelles il articulera ses actions : les pôles brestois, nantais, occitan (Montpellier-Sète-Palavas). Pour ses autres implantations où, actuellement, les sciences marines ne représentent pas un axe fort en masse critique et prioritaire du site, il maintiendra et développera des relations de proximité avec ses partenaires, mais sans entrer dans une extension des équipes correspondantes. Au sein des politiques de site, l'Ifremer entend jouer un rôle de fédérateur des forces autour des sciences et technologies marines afin de constituer des masses critiques à même de relever les défis de la recherche marine au plan mondial. L'enseignement et la formation par la recherche doivent faire partie des enjeux centraux de cette stratégie à la fois au regard de la responsabilité de l'Ifremer pour former des cadres dans son cœur de métier, mais aussi dans le cadre de sa participation à une dynamique nationale et internationale en matière de formation.

Dans ce contexte, l'Ifremer souhaite s'affirmer comme l'organisme de référence français pour les sciences et technologies de la mer, à même de fédérer les efforts menés dans le domaine, notamment en développant une recherche de pointe sur certaines thématiques et en possédant une capacité de synthèse.

L'institut s'est vu confier le 1^{er} janvier 2018 la responsabilité de l'ensemble de la flotte océanographique française. Sa mission consiste à mettre à disposition de toute la communauté un outil performant et au meilleur niveau international, avec un souci d'efficacité permanent dans l'emploi des budgets confiés à l'institut. Ce dernier doit

s'employer à faire de la flotte un outil du rayonnement français, en recherchant également des mutualisations au plan européen et en apportant plus largement son concours au déploiement des politiques publiques et des coopérations économiques. Un enjeu majeur des prochaines années sera la consolidation de la mutualisation ainsi réalisée et du processus de programmation unifiée, tout en bâtissant un schéma d'évolution de la flotte qui assure sa pérennité et sa qualité opérationnelle au service de la science et de la technologie pour les décennies à venir.

Enfin, et plus largement, l'institut est un concepteur et gestionnaire de premier plan des infrastructures de recherche françaises dans le domaine océanique. Dans le cadre de la feuille de route des infrastructures portée par le ministère chargé de la Recherche, il veille ainsi à faire bénéficier la communauté française de tous les outils pertinents pour le développement des recherches sur le milieu marin (observatoire de fonds de mer, réseau mondial d'observation des océans, suivi du littoral), tout en les inscrivant dans une perspective européenne.

Les quatre ambitions énoncées ci-dessus et développées dans les chapitres à venir visent à affermir la position de l'institut comme acteur national et international de référence au service des océans et de la société.

Un acteur en prise avec la société

Chapitre 1

Introduction

1. **Un institut exemplaire : éthique et déontologie à l'Ifremer**
2. **Approches partenariales : un institut à l'écoute de la société**
 - 2.1 Programmation de la recherche
 - 2.2 Recherche collaborative
 - 2.3 Sciences participatives
3. **Recherche, expertise et appui aux politiques publiques : un cercle vertueux**
4. **Communication et médiation scientifique : de l'Ifremer vers la société**
 - 4.1 De la mise à disposition des données...
 - 4.2 ... à une meilleure communication et vulgarisation scientifique
5. **Engagement de l'institut**

Chapitre

Un acteur en prise avec la société

La "posture" de l'institut: une conception revisitée de la science et de la technologie dans leur environnement social.

L'Ifremer est un organisme de recherche: il produit des connaissances fondamentales et appliquées en sciences marines, les valorise, les diffuse. Les actions d'appui à l'élaboration des politiques publiques et le développement socio-économique du monde maritime sont également au cœur des activités de l'institut. Ces trois missions constituent le triptyque fondateur de l'institut.

De ce fait, la société recouvre pour l'Ifremer une diversité d'interlocuteurs: services de l'État et administrations locales, régionales, nationales et internationales, professionnels de la mer et organisations professionnelles, organisations non gouvernementales (ONG) de protection de la nature et de médiation scientifique, médias, élus, associations culturelles et patrimoniales, enseignants et élèves, particuliers.

Les équipes de l'Ifremer sont déjà fortement investies dans les activités de mise à disposition d'informations, d'insertion dans les réseaux de culture scientifique et technique, de contribution au débat collectif et à des approches participatives, et plus généralement d'appui aux politiques publiques, avec de nombreuses initiatives et un certain nombre de succès. Toutefois, un meilleur recensement des travaux et actions existants apparaît indispensable.

Ce chapitre a pour objectif de considérer la question des interactions entre la société et l'ensemble des activités conduites par l'institut, afin de structurer les différentes actions menées autour d'une stratégie visible en matière de coconstruction avec les acteurs de la société civile, des différents secteurs professionnels liés au milieu marin, et des administrations et institutions publiques.

Évolution du contexte

Pour appréhender les relations de l'institut avec la société, deux grandes évolutions du contexte dans lequel l'Ifremer déploie ses activités doivent être explicitées.

Premièrement, l'accès à la connaissance de l'océan, longtemps réservée aux acteurs du monde maritime et de la recherche marine civile et militaire, s'est considérablement élargi grâce aux progrès en matière

d'observation du milieu marin et au développement rapide des technologies de l'information et de la communication. Cette évolution pose la question de la place et du rôle des sciences de la mer dans la société: quelles nouvelles attentes vis-à-vis de la recherche marine, et comment les identifier? Quelles relations entre connaissances scientifiques et connaissances profanes? Quels enjeux et limites du développement de démarches de recherche partenariale associant différentes catégories d'acteurs? Comment partager les connaissances scientifiques d'une manière adaptée aux besoins exprimés par la société, notamment sur les risques et opportunités associés à l'évolution du milieu marin et des activités maritimes et littorales?

Deuxièmement, l'océan est aujourd'hui considéré comme la nouvelle frontière économique, avec une croissance soutenue des activités historiques d'exploitation des ressources marines vivantes ou de transport maritime, mais également le développement de nouveaux usages de la mer (énergies marines renouvelables, biotechnologies marines, ressources minérales et énergétiques des fonds marins). Cette multiplication des usages induit une dynamique d'appropriation des ressources et des espaces maritimes. Ce processus soulève des questions en matière de responsabilité des acteurs vis-à-vis des impacts - économiques, sociaux et environnementaux - de leurs activités, et en matière de régulation publique, dans lesquelles l'avis scientifique joue un rôle majeur. D'une manière plus globale, le recours à la science pour orienter les arbitrages politiques et les choix de gestion se renforce, avec une sollicitation accrue vers un organisme faisant référence en sciences marines comme l'Ifremer.

En parallèle, avec l'accroissement de la population littorale et la sensibilisation aux questions d'état des écosystèmes marins, les représentations de l'océan et les valeurs sous-tendant les prises de position par rapport à son exploration, son exploitation et sa protection évoluent. Ces évolutions ont conduit à la mise en avant de l'approche écosystémique et, en matière de recherche, à des efforts d'intégration pluridisciplinaire visant notamment à identifier et quantifier les services rendus par les écosystèmes marins. Elles débouchent également sur une demande d'implication des acteurs sociaux dans les processus de gouvernance des ressources et espaces marins.

Les travaux scientifiques se trouvent souvent ici au cœur de rapports de force et de choix politiques¹. Comment se positionne l'institut dans ce contexte? Quelle analyse peut être faite des attentes de la société vis-à-vis de l'Ifremer? L'institut est-il à même de faire face à ces attentes? Quels nouveaux moyens doivent être mis en œuvre pour échanger sur la programmation de la recherche et sur ses résultats?

En outre, quelques éléments de diagnostic concernant le positionnement de l'institut, mais aussi plus généralement le positionnement de la science sont primordiaux pour imaginer les interactions Ifremer/société en 2030.

L'Ifremer est clairement identifié, en France et à l'international, comme un interlocuteur incontournable concernant les écosystèmes marins et littoraux, leur exploitation et leur protection. Cette position se traduit en retour par des attentes importantes en matière d'analyse et d'explication de phénomènes touchant à l'océan et affectant les activités maritimes et littorales: ces attentes sont particulièrement mises en exergue en cas de crise. Elles demandent de la part de l'institut et de ses chercheurs un positionnement clair et des efforts importants de communication.

Le positionnement de l'institut peut parfois être critiqué par des acteurs considérant qu'il ne prend pas suffisamment en compte certaines dimensions et certains acteurs. Les questions posées à l'institut ont évolué et nécessitent de plus en plus la prise en compte d'une diversité de points de vue, d'objectifs et de critères d'évaluation. Il s'agit donc de mobiliser des perspectives scientifiques multiples au sein de l'institut, à l'interface entre exploration, compréhension, exploitation et protection du milieu marin. Cela nécessite également de s'adresser à un ensemble d'interlocuteurs plus divers que par le passé, incluant les administrations, le monde socioprofessionnel, mais également les organisations non gouvernementales. Cette complexification justifie une réflexion sur la manière dont l'expertise de l'institut s'insère dans le débat social et sur les méthodes et outils de facilitation de cette insertion.

En ce qui concerne plus généralement le positionnement de la science, l'un des plus grands défis auxquels la recherche finalisée est aujourd'hui confrontée est celui du rôle

de la science dans des contextes de décision sous incertitude et de la manière de communiquer sur la complexité des socio-écosystèmes et l'incertitude associée concernant leur trajectoire future en réponse à différents changements. Cette question induit le développement de modèles de recherche et d'expertise collectives qui élargissent les domaines de connaissance mobilisés pour apporter des réponses aux questions posées.

Par ailleurs, comme tous les domaines scientifiques, les sciences de la mer s'inscrivent dans une société de l'information dans laquelle la recherche n'a plus le monopole de la connaissance et se trouve en compétition avec d'autres sources d'information dans les processus de choix collectifs. Dans ce contexte, il est important de promouvoir et valoriser les spécificités de la méthode de construction des connaissances scientifiques, que ce soit pour la production de données d'observation (notions de précision, répétabilité, représentativité) ou pour l'analyse des processus. Plus généralement, les chercheurs et ingénieurs doivent démontrer l'exemplarité de leurs travaux scientifiques, mettre en avant la rigueur, l'intégrité de la démarche scientifique et s'attacher à l'analyse des éventuels enjeux éthiques soulevés par les travaux menés. Les efforts de communication et de médiation sont indispensables en la matière. Il est de plus en plus communément admis qu'ils doivent être complétés par une stratégie d'engagement dans la coconstruction des programmes de recherche, laquelle contribue à l'appropriation par la société de l'importance de la démarche scientifique et à la confiance dans les résultats de la recherche.

¹ J. Theys, 2017, souligne que "C'est, en effet, l'une des spécificités majeures des politiques de l'environnement - qu'elles partagent avec l'espace ou la mer - de reposer énormément sur les apports de la science. (...) les sciences (...) sont, en effet, les seules à pouvoir rendre visibles et compréhensibles des phénomènes naturels et des interrelations très complexes qui échappent en grande partie à la perception directe des groupes sociaux et des citoyens et à celle des acteurs publics."

1

Un institut exemplaire : éthique et déontologie à l'Ifremer

Comme tous les domaines scientifiques, les sciences de la mer s'inscrivent désormais dans un contexte complexe mêlant tout à la fois enthousiasme pour la *technoscience* et scepticisme sur ses fondements, même si perdure l'exigence de productions concrètes, avec des impératifs de productivité, de rendement et de compétition, au diapason des pratiques de la société contemporaine, ignorant au passage les constantes de temps propres à la recherche².

Plus généralement, pour continuer à se développer dans une société qui ne lui laisse plus le monopole de la connaissance, la recherche doit être garante de la qualité de ses travaux et de ses pratiques, alliant rigueur, éthique, probité et intégrité. Au final, la relation entre un organisme de recherche, ses scientifiques et la société, avec ses différentes composantes, repose au premier chef sur la confiance : confiance dans les données produites par l'institut, dans ses avis, ses expertises et plus généralement confiance dans la parole de ses scientifiques. Cette confiance se construit et s'entretient au quotidien et prend appui sur l'éthique et la déontologie, qui en constituent le socle indispensable.

Ces enjeux sont communs à tous les acteurs qui contribuent au processus de recherche : chercheurs, évaluateurs, gestionnaires. De ce point de vue, le cas de l'Ifremer n'a rien de singulier : il partage les préoccupations de tous ses homologues au niveau national, mais également à l'international.

En matière d'éthique, l'Ifremer a rejoint un comité d'éthique commun avec l'Inra et le Cirad en 2016, ce qui lui procure un cadre de réflexion sur ses activités et leurs potentielles conséquences éthiques. L'institut a par ailleurs engagé une réflexion avec ses homologues d'Allenvi en matière d'approbation éthique des projets de recherche – aspect d'ores et déjà mis en avant par la Commission européenne dans le cadre du programme H2020, et par conséquent d'autant plus dans le futur FP9 – qui trouvera son aboutissement dans la période correspondant au projet d'institut.

En matière de déontologie et d'intégrité, l'institut, après avoir formellement adhéré aux principes de la charte nationale de déontologie des métiers de la recherche en 2016, en a proposé une déclinaison propre sous la forme d'une charte de déontologie à l'Ifremer. Elle constitue la pierre angulaire du dispositif de l'Ifremer en matière de déontologie et d'intégrité.

Ce dispositif doit comporter différents volets : règles de déontologie (engagements des responsables, cumul d'activités, déclarations des liens d'intérêt pour les décideurs et les experts, etc.), intégrité scientifique (charte des doctorants, règles de signature des publications scientifiques, recueil et instruction d'éventuels cas de conduites inappropriées, etc.), actions de sensibilisation et de formation pour tous les personnels.

Pour l'Ifremer, il s'agit d'apporter des repères clairs à tous ses personnels comme à la société, et de rester en phase avec les évolutions nationales et internationales en la matière. Ce dispositif est donc évolutif et a vocation à être renforcé, et complété au fil des années. Il a pour objectif d'imprégner les personnels de l'institut d'une culture commune et partagée de la déontologie et de l'intégrité tant dans la sphère scientifique (recherche, appui aux politiques publiques, etc.) que dans la sphère de la gestion de fonds publics, afin que chacun puisse systématiquement et de son propre chef prendre en compte la dimension éthique (au regard de la finalité) et déontologique (au regard de la façon de procéder) de ses activités.

² C. Bonneuil et D. Pestre, éd. Histoire des sciences et des savoirs, *Le siècle des technosciences*, tome 3, Paris, Seuil, 2016.

2

Approches partenariales : un institut à l'écoute de la société

Une récente revue des recherches en France en lien avec les politiques d'environnement³ met en exergue l'importance d'une coconstruction des programmes de recherche sur les questions environnementales. Cela suppose (i) que les acteurs acceptent la recherche comme source de créativité, mais aussi d'évaluations critiques et de solutions nouvelles, et (ii) que les chercheurs considèrent que répondre à des questions posées par la société n'implique pas de sacrifier indépendance et crédibilité scientifiques. Selon l'auteur, cette coconstruction *"peut donner naissance à des formes de recherche et de connaissance tout à fait spécifiques et originales : à la fois thématiquement et conceptuellement innovantes, plus anticipatrices, plus multidisciplinaires, plus proches des réalités sociales ou de terrain, mieux appropriables par les acteurs concernés ou dans le débat public ; et finalement, pour tout cela, plus conformes aux exigences du développement durable"*.

Pour développer cette démarche de coconstruction de ses programmes de recherche environnementale, des procédures d'échanges entre acteurs et scientifiques doivent être mises en place ; l'institut doit s'organiser pour que ces échanges enrichissent les questionnements en mettant en œuvre la capacité de mesurer le rôle des parties prenantes dans la construction scientifique, tout en conservant l'indépendance des scientifiques et en jouant son rôle d'assembleur d'une programmation scientifique.

De façon concrète, la future signature, par l'Ifremer, de la charte d'ouverture à la société des organismes publics de recherche, d'expertise et d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux cosignée par l'Anses, le BRGM, Irstea, Santé Publique France, l'Ifsttar et l'IRSN démontrera l'engagement de l'institut dans ce domaine pour s'affirmer comme un institut plus à l'écoute de la société française. Plus précisément, cela se traduit par le développement d'approches partenariales, à la fois en ce qui concerne la programmation de la recherche, les programmes de recherche collaborative et les sciences participatives.

³ Theys, J. (2017). Prospective et recherche pour les politiques publiques en phase de transition. *Natures Sciences Sociétés* 25, S84-S92.

2.1 Programmation de la recherche

La manière dont l'Ifremer accueille et intègre dans sa programmation scientifique les interrogations venant de la société est un élément clé du dialogue entre l'institut et cette dernière. En effet, la capacité à établir avec précision les grands enjeux sur lesquels la société au sens large (administration et acteurs de la société civile) a des attentes envers l'Ifremer (acquisition de connaissances, évaluation, recommandation) est cruciale pour l'institut. Sa faculté à répondre demain aux demandes de la société concernant le milieu marin implique d'avoir mis en place les programmes de recherche à même de fournir des résultats pertinents. L'institut doit donc être en mesure d'inclure dans son programme de travail des éléments remontant des questionnements en provenance de la société.

Il apparaît donc indispensable de proposer des mécanismes d'échange sur les attentes et sur les travaux menés par l'institut, tels que l'organisation d'assises du littoral et de la mer. La mise en place de comités d'orientation de la recherche, qui existent dans d'autres organismes, favoriserait également un échange avec d'autres parties prenantes (représentants de la société civile, acteurs professionnels, etc.) que celles représentées au Conseil d'Administration, pour prendre en compte les questions jugées prioritaires par la société.

L'institut proposera des modes de rencontre et d'échange avec une diversité d'acteurs de la société dans le but de comprendre leurs attentes vis-à-vis de l'Ifremer, de débattre des questions d'intérêt en matière de recherche marine et des travaux engagés et à développer, et ce, au niveau national et international. Les questions prioritaires, en cohérence avec le projet d'institut, feront l'objet d'une programmation scientifique.

La capacité à être en prise avec les enjeux de la société s'envisage aussi sous la forme d'une capacité d'autosaisine, par laquelle l'institut pourrait, en dehors d'une sollicitation officielle par l'État, travailler sur un domaine qui lui apparaît à fort enjeu sociétal. Bien qu'existant, cet outil est actuellement trop peu utilisé.

2.2 Recherche collaborative

La recherche collaborative est entendue ici au sens de projets mobilisant la participation active d'acteurs du monde socioprofessionnel, de la gestion des ressources et des espaces marins et/ou d'organisations non gouvernementales, aux stades de la définition des objectifs, de la mise en œuvre des actions de recherche et de la restitution/mise en perspective des résultats obtenus.

Ce champ de la recherche collaborative se développe rapidement avec les progrès du numérique, dans des domaines variés (gestion des ressources naturelles, gestion des risques, etc.), pour répondre à une demande croissante de coconstruction de scénarios relatifs aux grandes questions environnementales.

En impliquant les acteurs, la poursuite de ce type d'approche vise habituellement à (i) ajuster les questions étudiées et les approches adoptées en recherche pour tenir compte des questions posées par les acteurs (ii) prendre en compte les connaissances issues de l'expérience, et (iii) favoriser la compréhension et l'acceptation des méthodes et des résultats de la recherche, et renforcer la légitimité d'éventuels choix collectifs fondés sur les connaissances scientifiques⁴.

L'implication et la prise en compte des parties prenantes peuvent également être envisagées au cours du processus d'expertise, notamment par l'audition de celles-ci, ou bien sous la forme d'une plateforme de dialogue qui génère des interactions sur la formulation des questions posées, explique les méthodes et protocoles employés, améliore la robustesse des travaux d'expertise menés et, enfin, conduit à une position, si ce n'est consensuelle, du moins mieux acceptée des parties prenantes qui ont ainsi vu leur savoir profane reconnu.

Dans les domaines pour lesquels la recherche collaborative peut apporter une contribution significative, et en cohérence avec son projet d'institut, l'Ifremer pourra soutenir des partenariats à moyen/long termes autour de projets coconstruits et/ou sur des zones spécifiques, en s'appuyant sur le réseau des interactions développées par les équipes de l'institut avec différents groupes d'acteurs.

2.3 Sciences participatives

Les sciences participatives restent avant tout un outil pour la recherche. Elles peuvent renforcer significativement la capacité d'observation, et déboucher sur des observations uniques et des résultats scientifiques intéressants sur des questions complexes. On peut imaginer que la transformation numérique a généralisé ce type d'approche : ainsi, le développement de capteurs adossés à des plateformes mobiles communicantes (smartphones, etc.) et le développement par les scientifiques d'applications mobiles directement utilisables par le grand public sont autant d'opportunités d'acquérir des ensembles conséquents de données.

Dans une synthèse récente sur le sujet⁵, le Marine Board souligne l'intérêt des sciences participatives pour favoriser la compréhension par les citoyens du fonctionnement des écosystèmes marins, des impacts des activités humaines et de leur gestion, ce qui favoriserait l'émergence d'une "citoyenneté maritime" tout en renforçant la confiance à l'égard des travaux scientifiques.

Ainsi, dans les domaines de la recherche pour lesquels les sciences participatives peuvent apporter une contribution significative, et en cohérence avec son projet d'institut, l'Ifremer pourra soutenir ce type d'approche.

⁴ Voir A. Voinov et F. Bousquet, 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25 (2010) 1268-1281.

⁵ C. Garcia-Soto, G. I. van der Meeren, J. A. Busch, J. Delany, C. Domegan, K. Dubsky, G. Fauville, G. Gorsky, K. von Jutrenka, F. Malfatti, G. Mannaerts, P. McHugh, P. Monestiez, J. Seys, J.-M. Węstawski & O. Zielinski, (2017) *Advancing Citizen Science for Coastal and Ocean Research*. V. French, P. Kellett, J. Delany, N. McDonough, [Eds.] Position Paper 23 of the European Marine Board, Ostend, Belgium. 112pp. ISBN: 978-94-92043-30-6



Démonstration du jeu Deep Sea Spy, un programme de sciences participatives, pendant la Fête de la science.

3

Recherche, expertise et appui aux politiques publiques : un cercle vertueux

Le décret constitutif de l'Ifremer et son statut d'établissement public à caractère industriel et commercial (Épic) en font un institut de recherche à la fois fondamentale et finalisée : au travers de ses travaux de recherche finalisée, il apporte son appui à l'État dans l'élaboration de politiques publiques maritimes pertinentes et fondées sur l'excellence scientifique, et assure également un rôle d'expert en répondant à des saisines par une autorité administrative ou un tiers, sur un sujet donné.

Ce positionnement de l'Ifremer comme institut de référence pour l'État dans les problématiques maritimes a des effets sur l'ensemble du continuum de la recherche. Les questions adressées par l'État (et, à travers lui, par la société) nourrissent la dynamique scientifique de l'institut, en l'incitant à investiguer de nouvelles questions de recherche. Ces dernières produisent alors des résultats qui peuvent être transférés à d'autres acteurs (protocoles ou méthodes de collecte) ou bien participer à l'élaboration de réglementations (développement d'indicateurs, de seuils, propositions de mesures de gestion). Lorsque ces résultats sont mis en œuvre au travers de politiques publiques, ils appellent souvent de nouveaux questionnements de la part de la société civile ou de l'État, qui conduisent à mener de nouveaux programmes de recherche ou de nouvelles stratégies de surveillance/observation. Par ailleurs, les programmes de recherche génèrent des résultats scientifiques valorisés scientifiquement par les chercheurs et la capacité à répondre aux questionnements de la société par le biais d'expertises. Ce cercle vertueux entre recherche, appui aux politiques publiques et expertise est fondateur de l'identité de l'institut.

En outre, la plupart des travaux d'expertise ou d'appui aux politiques publiques ne font actuellement pas l'objet d'une valorisation scientifique (au travers de publications), alors même que d'autres instituts valorisent scientifiquement, de manière plus systématique, leurs activités d'expertise. De concert avec la direction scientifique, une analyse sera réalisée autour des principaux travaux d'expertise et d'appui aux fins d'une valorisation scientifique de ces activités, dans le but d'identifier des leaders scientifiques plus particulièrement en charge d'animer ces missions.

Cette animation scientifique permettrait de mieux prendre en compte les questions de recherche issues de l'expertise et de l'appui aux politiques publiques.

De plus, l'institut a fait le choix de considérer qu'il était du devoir de chaque chercheur d'exercer une mission d'expertise scientifique, dans la ligne du code de la recherche, qui liste l'expertise scientifique parmi les missions des personnels de la recherche. Ainsi, contrairement à d'autres instituts qui ont fait le choix de distinguer clairement les deux fonctions, l'Ifremer a décidé de ne pas briser le continuum recherche-expertise : chaque chercheur de l'Ifremer est amené à être en situation d'expertise à un moment de sa carrière, et chaque expert est ainsi à même de fournir une expertise crédible et de qualité, dont le socle est constitué par les connaissances scientifiques de pointe dans son domaine.

Cette imbrication recherche-expertise est constitutive de l'identité de l'Ifremer : la participation à des travaux de recherche finalisée en appui à la puissance publique et la mise en œuvre d'une expertise scientifique et technique sont partie intégrante de la mission d'un chercheur Ifremer. Une difficulté réelle existe : celle de concilier le temps de la recherche avec le temps de la réponse à une demande de l'État. Elle se traduit par une tendance à la concentration des tâches d'expertise et d'appui aux politiques publiques sur un nombre restreint de chercheurs.

Ainsi, l'implication des chercheurs de l'institut dans une démarche volontariste de participation aux missions d'expertise et d'appui aux politiques publiques sera valorisée dans leur carrière. Enfin, l'institut aura recours à la Gestion prévisionnelle des emplois et des carrières (GPEC) pour à la fois assurer le maintien d'une expertise sectorielle en identifiant les compétences de chaque individu et en suivant le parcours de carrière de chaque chercheur, et aussi de repérer des salariés en mesure d'exercer une expertise intégrée et construire un parcours de carrière à même de les valoriser.

4

Communication et médiation scientifique : de l'Ifremer vers la société

4.1 De la mise à disposition des données...

Le décret de création de l'Ifremer stipule que l'institut doit recueillir, diffuser et valoriser les informations nationales et internationales.

Dans la lignée des réglementations récentes en matière d'accès aux données environnementales et publiques, par exemple la loi Lemaire de 2016 qui vise à favoriser la libre diffusion des résultats de la recherche publique et assimile les données scientifiques à des informations publiques, l'institut entend jouer pleinement son rôle de pourvoyeur de connaissances sur le milieu marin en mettant à disposition du grand public les données qu'il génère ou héberge, bancarise et diffuse librement.

L'accès aux données de la recherche sur les milieux marins contribue à la diffusion large des connaissances acquises, ce qui s'inscrit totalement dans la mission de connaître, évaluer et mettre en valeur les ressources de l'océan portée par l'institut. L'Ifremer va organiser en interne une réflexion dans le cadre de l'Open Science et participer activement au plan lancé par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation (Mesri). Le service de l'Information scientifique et technique (IST) de l'institut se mobilise en particulier sur les sujets ayant trait à l'économie des publications scientifiques.

Depuis 2005 et dans le respect des standards d'interopérabilité, l'Ifremer développe et maintient sa propre archive ouverte. La littérature scientifique et technique, publiée ou grise, y est rendue disponible et elle y est mise en relation avec les jeux de données exploités.

La mise à disposition de jeux de données brutes facilite l'appropriation par la société des enjeux concernant l'océan et le milieu marin, du rôle de l'institut et de sa capacité à apporter des éléments de réponse à des questions d'intérêt sociétal, ce qui favorise une coconstruction plus efficace de projets de recherche en adéquation avec la demande sociétale. Néanmoins, pour participer à la montée en compétence des acteurs de la société civile, il est également nécessaire de mettre à disposition des données valorisées sous la forme de rapports, bulletins, fiches : des réussites existent déjà à l'Ifremer (*Bulletins régionaux de la surveillance*, fiche pêcheries ou métiers du SIH) mais doivent être mieux valorisées en termes de communication. La mise en place de routines informatiques en s'appuyant sur des algorithmes et le text & datamining ferait monter en puissance la diffusion d'informations sous forme de tableaux, graphiques, images, etc.



Opération de tri à bord du catamaran *L'Europe* lors d'une campagne d'appui à la puissance publique.

4.2 ... à une meilleure communication et vulgarisation scientifique

Il apparaît structurant de développer une véritable capacité de vulgarisation dans les différents domaines de recherche (y compris les recherches sur les dimensions économiques, sociales et juridiques du monde maritime), aux fins d'une communication large vers le grand public.

Pour cela, l'institut renforcera son dispositif interne, en particulier par l'identification à la fois de scientifiques experts "référents" sur des thématiques phares et de médiateurs scientifiques plus généralistes. Ce sont des chercheurs et ingénieurs qui contribuent de manière importante à la diffusion de la connaissance, à l'explication des incertitudes et à la gestion des attentes vis-à-vis de l'institut. Les démarches de communication, de vulgarisation et de médiation qu'ils entreprennent seront reconnues dans leur carrière. L'identification et la formation de ces référents et médiateurs faciliteront le travail en routine de diffusion des connaissances issues des travaux de recherche tant fondamentale qu'appliquée et, en outre, prépareront mieux l'institut à une éventuelle situation de crise.

Par ailleurs, la création de supports de communication et un partage interne de la stratégie de communication de l'institut engageront l'ensemble des personnels à s'impliquer dans la communication, notamment sur les grands défis liés aux changements globaux ou sur les sujets sensibles. Avec une meilleure visibilité des résultats de recherche les parties prenantes se les approprieront mieux et la conception des politiques publiques n'en sera que meilleure.

Dans le domaine de collaboration avec les réseaux de diffusion de la culture scientifique, l'institut s'attachera à organiser un suivi régulier des nombreuses initiatives en matière de communication et de médiation menées par ses équipes, en particulier pour identifier les thèmes à renforcer. Par ailleurs, il consolidera sa stratégie nationale en matière de collaboration avec les réseaux de culture scientifique et technique en s'appuyant sur la Stratégie nationale de culture scientifique, technique et industrielle (SNCSTI du Mesri), et prendra part aux initiatives nationales (dispositifs ministériels et associatifs portés par les centres de culture scientifique, technique et industrielle - CCSTI) et européennes bien établies.

Le lien avec des initiatives nationales ayant fait leurs preuves (comme La main à la pâte, Les petits débrouillards...) sera encouragé. Les programmes nationaux et européens dans le domaine de l'*Ocean literacy* offrent également des opportunités intéressantes (European Marine Science Educators Association).

Enfin, l'importance grandissante des réseaux sociaux et plus généralement de la transformation numérique sera également prise en compte dans la mise en œuvre de ces collaborations et actions en matière de médiation et de communication.

5

Engagement de l'institut

Pour mettre en œuvre ces différentes activités qui construisent l'interface sciences/société de l'institut, celui-ci doit se doter des ressources nécessaires. Celles-ci sont généralement sous-évaluées, par exemple dans le montage de projets de recherche, et portent avant tout sur les moyens humains nécessaires pour faire vivre ces démarches, qui requièrent un temps important. Chercheurs et ingénieurs seront donc incités à mieux prendre en compte ces ressources dans la phase de montage de projets. Au-delà des projets de recherche, il est essentiel que l'ensemble de la communauté scientifique de l'institut s'investisse dans l'expertise et l'appui à la puissance publique : cette tâche est au cœur des missions du chercheur.

En outre, l'institut doit identifier les moyens que demande le renforcement des actions à l'interface sciences/société (vulgarisation, communication des résultats, association des parties prenantes) et en matière d'éthique/déontologie.

Un deuxième point important concerne la motivation des chercheurs et ingénieurs à s'engager dans des tâches de médiation scientifique et d'expertise, et les moyens de les prendre en compte dans leur évolution de carrière. Des critères et méthodologies d'évaluation renforçant la prise en compte de ces activités dans l'évaluation individuelle et la promotion des chercheurs et ingénieurs seront proposés. Cette question se pose dans des termes différents pour la recherche partenariale, qui se développe

comme champ de recherche à part entière au niveau international, et peut donc déboucher sur une bonne valorisation scientifique. Par ailleurs, le développement de l'expertise au cours d'une carrière de chercheur est identifié comme un objectif stratégique pour l'institut.

Un troisième point concerne la formation des personnels de l'institut à la pratique de la recherche collaborative et des sciences participatives, aux enjeux de communication, de médiation scientifique et d'implication dans le débat public, et également aux enjeux d'éthique et de déontologie dans les activités scientifiques ou de gestion.

Enfin, malgré un certain consensus sur l'intérêt de renforcer les différentes formes d'interaction entre recherche et société identifiées dans les points précédents, il y a encore peu d'outils en place pour suivre ce qui existe, et en évaluer les retombées en interne et en externe. Ces retombées peuvent concerner l'accès à des données ou connaissances autrement difficiles à acquérir, la compréhension et l'acceptation par les acteurs des résultats de la recherche, l'évolution des perceptions individuelles et collectives de l'environnement marin et des enjeux de son exploitation et de sa protection, ou encore les motivations à la participation et les conséquences de cette dernière sur l'organisation des processus de décision.



Opération "Science en direct" avec *L'Esprit Sorcier* pendant la Fête de la science 2016 à la Cité des Sciences et de l'Industrie.

Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100

Chapitre 2

Introduction

- 1. L'Ifremer aujourd'hui : le socle**
 - 1.1 Dynamiques océaniques
 - 1.2 Interfaces
 - 1.3 Connaissance et caractérisation du vivant dans les écosystèmes marins
 - 1.4 Biodiversité, fonctionnement, services et productions écosystémiques
 - 1.5 Les pressions anthropiques et leurs enjeux socio-économiques
- 2. Les enjeux : Océan 2100**
 - 2.1 Dynamique et impacts de l'évolution de l'océan physique à l'horizon 2100
 - 2.2 Événements climatologiques et géologiques
 - 2.3 Interface océan-lithosphère
 - 2.4 Biodiversité et écosystèmes
 - 2.5 L'évolution des organismes dans le cadre du changement global
 - 2.6 Gestion adaptative des socio-écosystèmes marins
- 3. Les défis, des outils pour comprendre l'évolution de l'océan : acquisition de données et modélisation**
- 4. Évolution des infrastructures**
 - 4.1 Pérennisation et consolidation des infrastructures d'observation européennes: Euroargo, Emso, observatoires côtiers
 - 4.2 La TGIR, flotte océanographique française
 - 4.3 Consolidation et évolution des infrastructures expérimentales pour répondre aux besoins de la communauté
 - 4.4 Les systèmes d'information et les bases de données marines

Colonie d'ascidies botrylles
(*Botryllus schlosseri*)

Chapitre

Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100

Un projet scientifique ambitieux :
décrypter les processus d'évolution et modéliser
le système océan aux échelles décennale à centennale.

Depuis un demi-siècle, la recherche en sciences marines au sens large est passée d'une approche naturaliste et descriptive de l'océan mondial à une approche plus structurelle et fonctionnelle. Cette évolution a été justifiée et intensifiée par la prise de conscience des États, des organisations internationales et du grand public de l'importance de l'océan en matière de biodiversité, de régulation du climat et de production de services, et par les avancées technologiques qui amplifient l'accessibilité à l'océan aux différentes échelles. Au cours de cette dernière décennie, suite à la prise de conscience du changement global en cours, il est apparu que ces enjeux exigeaient de nouvelles connaissances liées à des modifications profondes du milieu marin : montée du niveau de la mer, élévation de la température, acidification, évolution des écosystèmes, évolution de la cryosphère, etc. L'étude et la compréhension de ces phénomènes sont d'autant plus cruciales que la plupart d'entre eux sont en accélération et qu'il n'existe ni appréhension globale des processus en cours ni évaluation de la résilience des écosystèmes par rapport à ces changements rapides ni, enfin, de solutions d'adaptation de moyen ou long termes.

La mission de l'Ifremer s'exprime pleinement dans ce contexte. En effet, l'institut s'est construit sur la connaissance du milieu océanique *via* l'observation et la compréhension de phénomènes géologiques, physiques, chimiques

et biologiques ainsi que sur les études des ressources marines et de leurs écosystèmes. Cela l'a amené à acquérir une compétence reconnue aux niveaux national et international (i) pour construire, spécifier et fédérer des moyens et dispositifs d'observation *in situ*, (ii) pour gérer des bases de données et (iii) pour concentrer les recherches sur des modèles ou compartiments biologiques en lien avec les questions sociétales. L'Ifremer peut ainsi exploiter et partager avec les interlocuteurs nationaux et internationaux, scientifiques et gouvernementaux, des mesures et des observations sur un très large spectre thématique et ce faisant, contribuer fortement à la connaissance de l'océan dans le changement global.

Ce socle doit être maintenu car il constitue l'ADN de l'institut; il se décline en un grand nombre de savoir-faire scientifiques et techniques.

Il est présenté dans la première partie du projet scientifique avec une sélection des thématiques d'excellence considérées comme les plus porteuses d'enjeux, parmi l'ensemble des activités de recherche actuelles de l'institut.

La seconde partie aborde les grands enjeux scientifiques d'avenir, à l'horizon 2030, dont l'institut souhaite s'emparer pour décrypter les processus d'évolution et modéliser le système océan aux échelles décennale à centennale.



1

Ifremer aujourd'hui : le socle

Nous avons choisi de décliner les champs d'excellence de l'Ifremer en cinq domaines majeurs allant de la recherche très fondamentale, avec parfois une finalité innovation, vers une recherche plus finalisée en soutien à la politique publique. Chaque thématique est illustrée par quelques exemples phares des travaux de l'institut.

1.1 Dynamiques océaniques

La compréhension des interactions au sein du système complexe que constituent l'atmosphère, l'océan, la cryosphère, la géosphère et la biosphère est au cœur des questions scientifiques de l'institut. Les processus géologiques, physiques et biogéochimiques qui contrôlent ce système complexe recouvrent un large spectre d'échelles spatiales et temporelles. En raison de son expertise fondée sur une approche combinée d'observation et de modélisation théorique et numérique, l'Ifremer a acquis une reconnaissance internationale indéniable. Cette reconnaissance est attestée par la gestion scientifique et technique de programmes internationaux d'observation (Argo, Go-SHIP, Geotraces, océanographie spatiale, etc.) et européens (Euroargo, Emso, Jerico, etc.), l'implication dans le développement de modèles océaniques (Drakkar, Croco), ou encore l'inclusion au sein du Copernicus Marine Environment Monitoring Service (Cmems). La capacité de l'institut à constituer en interne des équipes reconnues pour leurs travaux sur la géodynamique, la dynamique sédimentaire et la physique des océans et des mers côtières est un atout pour mieux comprendre la dynamique de la circulation actuelle et passée des masses d'eau, la dynamique interne de la lithosphère sous les océans et celle des sédiments. Avec ces outils peuvent être reconstruites l'histoire des changements paléoenvironnementaux, la description des impacts anthropiques sur le plateau continental, l'identification des traces et temps de retour d'événements extrêmes, la compréhension de la dynamique des sédiments fins dans les estuaires et les baies abritées et leurs interactions avec le vivant. Le potentiel généré par la combinaison de ces compétences est illustré par deux exemples : les travaux concernant les interactions entre hydrates de gaz et changement global, et ceux sur les circulations océaniques passées.

Les hydrates de gaz

Les systèmes gaz hydrates/gaz libres sont largement répandus dans les océans. Leur dynamique dans les sédiments marins peut avoir un impact majeur sur la déformation de la pile sédimentaire et sur la quantité de gaz à effet de serre transférée vers les océans.

Avec ses compétences uniques en expérimentation *haute pression*, l'Ifremer étudie, avec ou sans matrice sédimentaire, les propriétés physico-chimiques des hydrates de gaz dans les conditions rencontrées en milieu naturel. Ces questions sont abordées avec des équipes pluridisciplinaires associant des spécialistes des géosciences au sens large, des physiciens et des biologistes. Cette capacité d'intégration est utilisée pour identifier les aléas de type fluide/hydrate à partir des données d'imagerie de surface. Les résultats récents obtenus sur des chantiers phares (mer Noire, golfe de Gascogne, mer de Marmara...) attestent la pertinence de cette démarche. Les travaux sur le fonctionnement des zones de suintements froids des marges remettent ainsi en question les connaissances du cycle du méthane océanique et, en particulier, le poids et le rôle des hydrates dans ce cycle. Au-delà des questions scientifiques, ces travaux doivent contribuer à l'évaluation des risques associés aux aléas géologiques et industriels induits par la présence d'hydrates.

Circulation océanique passée

Les circulations océaniques à l'échelle régionale et globale ont un impact significatif sur le climat et sur la répartition sédimentaire. L'étude des paléocirculations océaniques a pour objectif de mieux comprendre les trajectoires actuelles du climat et leur influence sur les écosystèmes. Des études menées en collaboration avec des équipes nationales et internationales (exemple : campagne IODP) ont mis en évidence que des courants océaniques, facteurs majeurs de transport des sédiments dans les océans, ont un impact sur les bilans érosion-sédimentation de la marge à l'océan hauturier. L'étude de la circulation océanique passée nécessite donc une meilleure compréhension et caractérisation de la dynamique des masses d'eau et la reconstruction de la morphologie du fond marin et des connexions entre les bassins océaniques. Cette étude, nécessairement transverse, fait appel à des compétences (existantes, et à développer) en géodynamique,

océanographie physique et en sédimentologie. L'analyse numérique, qui est également une composante forte de ce domaine de recherche, s'appuie sur la mise en œuvre de modèles couplés océan-lithosphère tenant compte des données topographiques et morphologiques.

1.2 Interfaces

L'océan est le lieu de transfert d'énergie et de matière entre les continents, l'atmosphère et les fonds océaniques ; il tempère toutes les variations ayant lieu à l'interface entre ces différents biomes. Depuis sa création, l'Ifremer a mis en avant l'importance cruciale des zones d'interfaces océaniques et construit son savoir-faire, ses compétences scientifiques et technologiques, ses recherches autour de ces zones. Aujourd'hui, leur importance est d'autant plus justifiée qu'elles jouent un rôle essentiel dans le changement climatique (interfaces océan-atmosphère et océan-lithosphère) et qu'elles constituent les lieux mêmes où ces changements s'expriment de la façon la plus problématique (interface terre-mer).

Interface océan-atmosphère

Cette interface est caractérisée par les échanges importants entre la couche de mélange océanique et la couche limite atmosphérique. Plusieurs projets de l'Ifremer, menés en collaboration avec différentes équipes, ont pour objet une meilleure détermination des flux (de mouvement, chaleur, gaz, particules) échangés entre l'air et la mer à différentes échelles spatiales et temporelles. Les études menées dans le cadre de ces projets s'appuient sur des développements méthodologiques et instrumentaux dédiés. Elles font notamment appel à l'expertise reconnue de l'Ifremer dans le domaine de l'analyse et de l'utilisation conjointe des mesures radars et radiomètres embarqués sur satellite. De longues séries uniques des flux, caractérisant les interactions air-mer, sont mises à disposition au profit de la communauté scientifique par l'Ifremer. Elles visent à analyser l'impact de ces interactions sur la variabilité décennale océanique à l'échelle d'un bassin et/ou à l'échelle globale. Cependant, comme souligné dans le rapport du Giec (2013), la connaissance de l'interface air-mer reste encore imparfaite. Elle nécessite une meilleure prise en compte des interactions physiques et biogéochimiques entre ces deux milieux.

En outre, les mesures et les observations ne donnent pas accès, dans certaines conditions océanographiques et météorologiques, aux échanges air-mer à fines échelles, où la turbulence devient tridimensionnelle.

Interface océan-lithosphère

La lithosphère constitue à la fois une source et un puits d'énergie et de matière dont il faut tenir compte pour comprendre les grands cycles biogéochimiques de l'océan. Les échanges chimiques qui ont lieu à l'interface avec l'océan profond et les caractéristiques physiques de cette interface en font un lieu de vie unique pour nombre d'espèces adaptées à ces environnements extrêmes. Une partie importante de l'énergie de l'océan global se dissipe près de cette interface par des processus turbulents qui contribuent à l'évolution des propriétés physiques et biogéochimiques de l'océan à grande échelle. Cette dissipation est en partie contrôlée par la bathymétrie et façonnée par des processus géologiques internes (tectonique) et externes (sédimentation). Des recherches portant sur des modèles numériques à très haute résolution, en particulier à proximité de fortes pentes, ont notamment montré l'impact du mélange induit par la marée interne sur la connectivité des écosystèmes hydrothermaux. Les capacités d'instrumentation et d'observation de l'institut ont rendu possible l'élucidation des processus de dissipation près des monts sous-marins ou de la ride médio-atlantique, *via* des mesures de mélange réalisées sur toute la colonne d'eau. Malgré ces avancées, la moitié des fonds situés au-delà des 4000 m restent encore difficilement observables.

Le long des marges continentales, on interprète indirectement un rôle important du courant près du fond sur le transport et l'accumulation de sédiments à partir de leur distribution et géométrie.

À proximité des dorsales médio-océaniques ou de volcans sous-marins, l'observation des sources hydrothermales à l'aide d'engins sous-marins et des stations fonds de mer (Emso et Ocean Bottom Seismometers) aide à mieux comprendre les phénomènes qui se produisent à l'interface entre l'océan et le fond. Cela implique de s'intéresser à la source des composés, aux processus de mobilisation, aux modes de transport et aux zones de piégeage et/ou d'export. Les actions conduites s'intègrent dans

une approche systémique nécessitant la compréhension de l'ensemble des mécanismes qui se déroulent à la fois au niveau de la lithosphère profonde, de l'interface lithosphère-hydrosphère-biosphère et de la colonne d'eau. Activité historique et emblématique de l'Ifremer, l'approche systémique vise à approfondir les connaissances sur la genèse des ressources minérales et énergétiques potentielles, sur l'impact de l'hydrothermalisme sur la biosphère profonde et sur la chimie globale des océans.

Interface terre-mer

L'interface terre-mer est le lieu des interactions les plus fortes entre les activités humaines et le milieu marin, et constitue de ce fait un espace emblématique du lien entre sciences marines et société. C'est également le lieu de transition où s'opèrent des échanges entre l'océan ouvert, les petits fonds marins et les bassins versants. Ce périmètre englobe les mers côtières et, plus au large, celui de la plateforme continentale. Sur le long terme, les mers côtières ont fortement évolué en profondeur, limites et morphologies notamment au plio-quaternaire, période marquée d'alternances climatiques majeures (stades glaciaires et interglaciaires) et de fortes variations du niveau de la mer. Les environnements de plateforme offrent un potentiel intéressant pour enregistrer et reconstruire la variabilité du niveau de la mer du passé, en particulier les changements environnementaux à haute fréquence associés aux changements climatiques et anthropiques au cours des derniers millénaires.

La limite interne terre-mer est la plus fragile, car soumise aux pressions anthropiques les plus fortes. Elle est constituée de tous types de morphologie de côtes (falaise, cordon littoral, estuaire, lagune, etc.). Les eaux littorales ont une dynamique singulière sous forte influence des vagues, des courants de marée et des apports fluviaux. La frontière externe est plus largement ouverte en matière de processus physiques, marquée morphologiquement par la rupture de pente du talus continental. Les mers côtières constituent l'interface entre les bassins versants continentaux et les bassins marins profonds et ainsi l'une des premières zones de stockage et de remobilisation sédimentaire sur la marge continentale. L'étude de systèmes côtiers fortement anthropisés montre que les flux sédimentaires et la nature des communautés pélagiques et benthiques

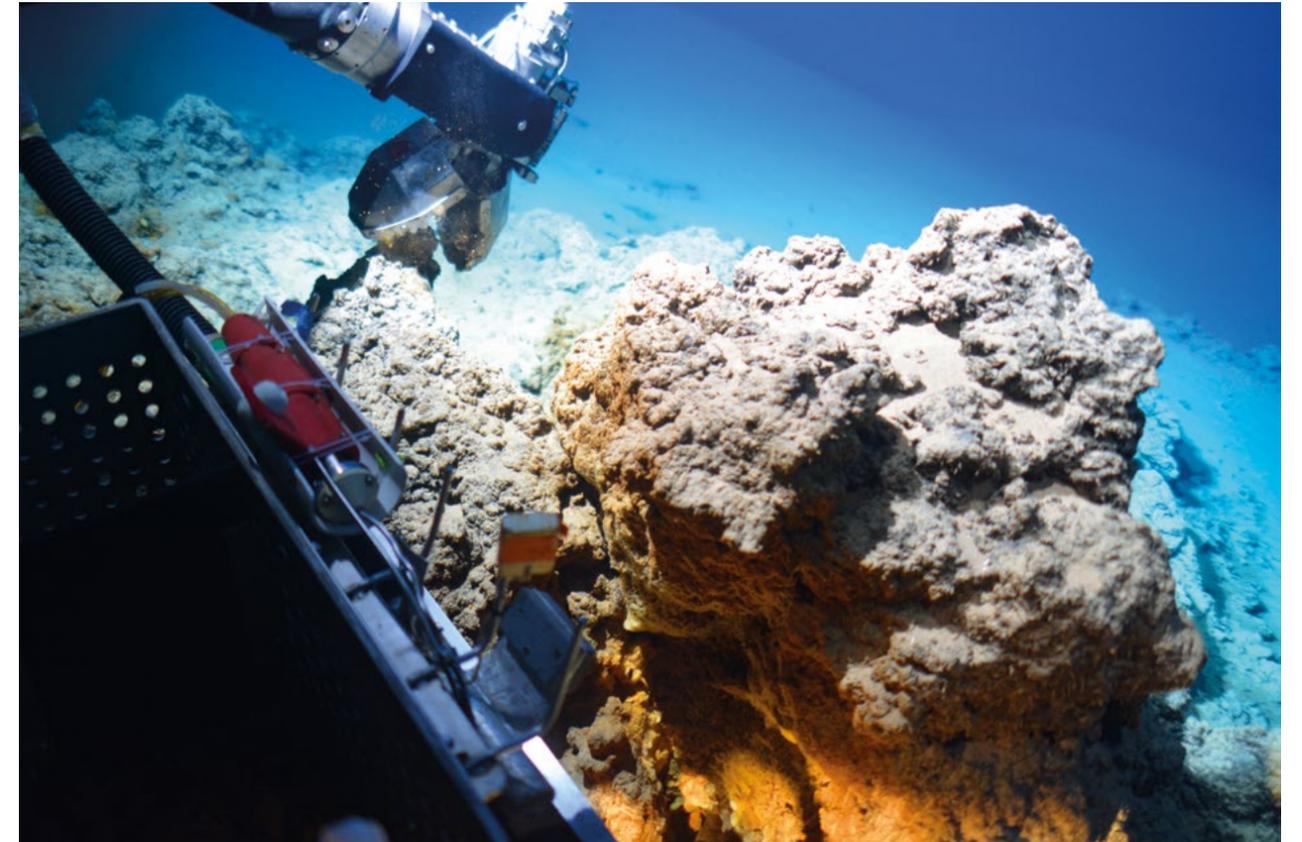
peuvent évoluer rapidement en fonction de la pression anthropique sur le bassin versant, la plaine côtière et les fonds marins. Depuis de nombreuses années, l'Ifremer est reconnu pour son expertise internationale dans l'étude des processus, enregistrements et remobilisations sédimentaires, le traçage des sédiments sources, l'étude des biocénoses côtières et notamment des communautés microbiennes côtières, où peuvent se développer des micro-organismes toxiques pour les ressources biologiques ou pour l'homme.

1.3 Connaissance et caractérisation du vivant dans les écosystèmes marins

L'Ifremer s'intéresse à la compréhension des interactions entre l'environnement et les organismes marins à différentes échelles, de l'individu à la biocénose, voire à l'écosystème. Il s'agit d'élucider les mécanismes de réponse et d'adaptation des individus à leur environnement, de comprendre les déterminants des dynamiques spatio-temporelles de leurs populations et d'appréhender leurs interactions biologiques (exemple : trophiques ou symbiotiques) au sein des communautés. La description taxonomique ou structurale de la biodiversité marine et de sa dynamique est indispensable. Dans ces domaines, que ce soit en environnement côtier ou profond et pour les communautés exploitées ou non, l'Ifremer a développé des compétences et des travaux sur la structuration et la connectivité des populations, le fonctionnement des réseaux trophiques et la caractérisation de la biodiversité, ainsi que l'identification des habitats des espèces (par exemple, certains poissons d'intérêt commercial) ou les réponses physiologiques des individus à des changements dans leur environnement (par exemple, chez certains mollusques marins ou chez des microalgues toxiques).

Biodiversité et connectivité en écosystèmes profonds

La biodiversité présente dans les océans profonds fait partie des plus méconnues, de par la difficulté d'accès de son habitat, son exploration encore extrêmement fragmentaire et le temps important nécessaire à l'inventaire morphologique de la quantité d'espèces nouvelles à décrire. L'écosystème hydrothermal, distribué le long des dorsales océaniques au niveau des zones actives, abrite une faune spécialisée et endémique, dépendante de la chimiosynthèse associée



Exploration des volcans sous-marins situés le long de la dorsale médio-atlantique pendant la campagne Hermine en 2017.

au fluide hydrothermal. Marquée par des effondrements de populations résultant de l'arrêt des émissions de fluides, cette faune nécessite une recolonisation constante de l'habitat. Les distances entre champs hydrothermaux peuvent varier de plusieurs centaines à des milliers de kilomètres, créant de grandes discontinuités spatiales dans la distribution des espèces le long des dorsales. Cela pose des questions quant au rôle réel de l'hydrologie dans la dispersion et donc la connectivité des espèces et surtout sur l'impact des stratégies de dispersion adoptées par les organismes en fonction de la biologie larvaire. Comprendre les facteurs qui contrôlent et déterminent les patrons de réapprovisionnement des populations est essentiel pour évaluer le degré de résilience des communautés. La question est encore plus vive pour les écosystèmes profonds dépendant des suintements de méthane ou des apports terrigènes en rebord de plateau ou en pied de marge. Au-delà des inventaires de la biodiversité, la compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes reste une nécessité avant que des travaux d'exploitation des ressources associées ne soient engagés plus avant.

Parmi les outils nécessaires à la compréhension de la dynamique des écosystèmes des grands fonds, les observatoires *grands fonds* qui se développent depuis une dizaine d'années, les plateformes, etc., ont favorisé une grande avancée en la matière. La spécificité de ces observatoires réside dans l'intégration d'instruments de mesure couvrant une large gamme de disciplines et d'échelles temporelles. Les liens entre les différents compartiments faunistiques et l'environnement conduisent à une vision intégrée du fonctionnement des écosystèmes profonds. L'Ifremer a été pionnier dans ces approches et a notamment assuré le développement des technologies associées. L'institut coordonne, aujourd'hui, avec le CNRS la partie française de l'infrastructure européenne Emso-Eric et a contribué à la mise en place de plusieurs observatoires tels qu'Emso-Açores et Emso-Molène qui représentent une avancée technologique majeure en écologie profonde. L'imagerie sert à suivre les communautés *in situ* sur des échelles de temps en cohérence avec l'étude des organismes et communautés animales.

Les microalgues toxiques

Mobilisant des compétences en biologie, physiologie, écologie, les équipes de l'Ifremer décrivent depuis de longues années de nouvelles espèces de microalgues toxiques, identifient et analysent les toxines et risques sanitaires associés. Ainsi, depuis sa création dans les années 80, le réseau Rephy (créé, géré et mis en œuvre par l'Ifremer *via* les Laboratoires Environnement Ressources – LER) assure l'observation et la surveillance des microalgues toxiques et non toxiques, fournissant des séries temporelles de données à long terme. Celles-ci ont aidé à identifier des patrons écologiques de changement des distributions et abondances des microalgues toxiques. Ces données sont indispensables à la modélisation déterministe visant à identifier des niches écologiques de ces microalgues et de leurs phénologies. De plus, elles ont été utilisées pour la gestion des ressources aquacoles et mises à disposition de tous, dans des bases de données internationales. Les recherches actuelles se développent en mobilisant des approches innovantes (cultures en bioréacteurs, cytométrie *in situ*, paléoécologie et paléogénétique, analyses de génomes, transcriptomes, métabolomes). L'analyse intégrée des différentes échelles de complexité biologique et écologique (de la cellule à la communauté, du génotype au phénotype et à l'écosystème) et le véritable rôle fonctionnel de ces espèces dans l'écosystème sont les grands enjeux des recherches futures dans ce domaine.

Habitats des ressources halieutiques et réponses à l'environnement

La connaissance de la réponse des espèces de poissons d'intérêt commercial à l'environnement va déterminer en grande partie la compréhension et l'anticipation des effets du changement global sur les ressources halieutiques. L'Ifremer a été moteur dans l'étude des niches écologiques des espèces halieutiques au travers d'une approche statistique de leurs habitats à différents stades de vie (exemple : nourriceries, frayères). Leur distribution spatiale a ainsi pu être reliée aux facteurs environnementaux biotiques et abiotiques. En vue de comprendre ces relations et d'améliorer la capacité prédictive, cette approche descriptive est complétée par l'étude expérimentale des réponses physiologiques des poissons aux facteurs environnementaux abiotiques et de leurs liens avec le métabolisme énergétique.

L'effet de la température et l'oxygène qui, avec le pH, sont les paramètres les plus concernés par le changement climatique, est plus particulièrement ciblé. En aval de ces travaux expérimentaux, l'institut développe des modèles couplant hydrodynamique et physico-chimie de l'océan avec la production primaire et secondaire et, ensuite, la bioénergie des poissons consommateurs et la dynamique des populations qui en découle. Ces modèles éclairent sur les conséquences des effets de l'environnement à l'échelle de la population, notamment l'influence environnementale sur le recrutement et la dynamique spatio-temporelle des populations. Ces différents outils et compétences constituent un socle de départ qu'il conviendra de renforcer pour appréhender l'effet du changement global sur les ressources halieutiques.

Mollusques marins et conchyliculture

Pour ce qui concerne les mollusques marins, les travaux de l'institut ont contribué à une meilleure compréhension du processus invasif des populations d'huîtres creuses le long du littoral français et européen, et par ailleurs engendré des avancées considérables dans la compréhension des processus biologiques impliqués dans la résistance des bivalves marins aux agents infectieux. Ces questions sont abordées en mobilisant des compétences complémentaires en physiologie, génétique, écologie fonctionnelle et également en modélisation. Cette dernière a été utilisée en particulier pour étudier les conséquences du changement global (notamment hausse de la température et acidification du milieu marin) sur différentes espèces comme l'huître creuse *C. gigas* et la moule *M. edulis*, permettant ainsi d'identifier les traits biologiques les plus sensibles aux changements thermiques, ou bien encore le bénitier *Tridacna maxima* et les populations de zooxanthelles qui vivent en symbiose avec celui-ci. Dans le cas de l'huître perlière, *Pinctada margaritifera*, les études récentes montrent des modifications de la vitesse de dépôt de nacre et une modification de la qualité des perles avec l'augmentation de la température.



Bouchots de moules dans la Manche.

1.4 Biodiversité, fonctionnement, services et productions écosystémiques

Au-delà de sa caractérisation à différentes échelles biologiques (des individus aux populations et aux communautés) et selon différentes approches (taxonomique, moléculaire ou fonctionnelle), un objectif majeur repose sur la compréhension du rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes et dans les services qu'ils rendent aux sociétés humaines, notamment celui de l'approvisionnement en bioressources. À titre d'exemple phare, on peut souligner les travaux de l'institut dans l'approche écosystémique de l'aquaculture et des pêches ou encore dans la découverte de biomolécules marines d'intérêt. Cette évolution se traduit notamment par une implication forte dans la mise en œuvre de la Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) en ce qui concerne les espèces exploitées. Le soutien de l'Ifremer aux politiques publiques dans ce domaine s'est progressivement élargi, de l'avis biologique sur les stocks halieutiques et aquacoles, à l'avis intégré (environnement, population/ communauté, socio-économie) sur les impacts de scénarios de gestion des pêcheries et de la production aquacole.

Approche écosystémique de l'aquaculture

L'Ifremer est leader en aquaculture dans la mise en œuvre du concept d'approche écosystémique, qui intègre les perspectives écologiques, sociales, économiques et institutionnelles pour un usage durable des ressources naturelles tout en maintenant la qualité, la structure et le fonctionnement des écosystèmes. En effet, les interactions entre socio- et écosystèmes impliquent de dépasser le seul cadre de l'aquaculture et de considérer les interactions entre les différents usages ainsi que les enjeux liés à d'autres secteurs socio-économiques avec l'objectif du développement d'un outil de simulation pour l'aide à la décision. Cette approche pluridisciplinaire a associé écologues, économistes et sociologues de l'institut au niveau de plusieurs projets développés sur des sites ateliers en vue d'élaborer des scénarios mettant en œuvre les interactions entre pratiques culturelles, apports de bassins versants, notamment autour de l'approvisionnement (quantité, qualité) en eaux douces des zones côtières, et prolifération d'espèces invasives. L'enjeu futur de ces recherches portera sur la prise en compte du changement global et en particulier climatique, à ces échelles régionales.



Petits mollusques observés lors d'une campagne d'évaluation des ressources halieutiques en Manche orientale et mer du Nord.

Approche écosystémique des pêches

L'Ifremer est un des artisans majeurs sur la scène européenne du développement des bases scientifiques d'une approche écosystémique des pêches. Celle-ci inscrit l'objectif du développement durable des pêcheries dans une logique de préservation des fonctionnalités de la biodiversité et de l'usage intersectoriel durable des services écosystémiques aux plans économique et social. Un des objectifs de cette approche est d'appréhender les effets en cascade de l'exploitation ou d'autres pressions, afin de pouvoir évaluer la viabilité économique de long terme des pêcheries. Ces approches de terrain sont prolongées par le développement et/ou la mise en œuvre de plateformes de modélisation intégrée, qui couvrent les champs de la dynamique des pêcheries mixtes (Isis-Fish) à la dynamique des réseaux trophiques et des écosystèmes exploités (Osmose, Atlantis) en passant par la bioéconomie (IAM), afin de tester un certain nombre de scénarios

environnementaux, de gestion et socio-économiques. Malgré les connaissances accumulées et les outils développés, la gestion des pêcheries européennes reste encore fondée sur une approche d'évaluation monospécifique des stocks halieutiques. Le grand enjeu futur de l'approche écosystémique des pêches est donc sa mise en œuvre effective à des fins de gestion. Cette évolution dépendra notamment de la prise en compte du caractère régional des pêcheries et des écosystèmes et des compromis entre les différents usages et entre les différents objectifs de conservation et de gestion des politiques publiques. Cela passera, par exemple, par (i) le développement d'outils de diagnostic et de projection innovants tels que l'évaluation intégrée des écosystèmes ou le couplage entre modèles écosystémiques spatialisés et planification spatiale et (ii) l'implication des parties prenantes dans l'analyse des diagnostics, la construction de scénarios de gestion et l'analyse de leurs conséquences (voir chapitre 1).

La biodiversité comme source de biotechnologies

Les écosystèmes marins présentent une biodiversité importante et sous-explorée. Cette diversité biologique, notamment microbienne, et la chimiodiversité qui en résulte ouvrent un champ d'investigation vaste et original comme source de biotechnologies. La connaissance de cette biodiversité naturelle, de ses mécanismes métaboliques et des interactions entre organismes contribue à sa préservation et potentiellement à son exploitation par la maîtrise des mécanismes de biosynthèse de biomolécules d'intérêt. Les retombées scientifiques, économiques et sociétales de la biodiversité concernent à la fois le domaine de la biologie synthétique et l'écologie environnementale et constituent un enjeu majeur des années à venir. Ainsi, la microalgue *Tisochrysis lutea*, d'intérêt notamment aquacole, est devenue une espèce modèle pour l'institut autant pour sa richesse en lipides et en pigments que pour la compréhension des voies de biosynthèse par des études transcriptomiques et protéomiques. Le séquençage de son génome a été réalisé. La physiologie fine de cette algue a été étudiée en fonction de variations du milieu en azote et en phosphore, sur un plan tant physiologique que moléculaire. Par ailleurs, l'Ifremer a été pionnier dans l'obtention de souches microalgales "améliorées" avec l'objectif d'une meilleure rentabilité économique des productions phytoplanctoniques. À cette fin, il a développé des outils et méthodologies d'amélioration opérationnelle mettant en jeu des approches originales, fondées sur la mutagenèse induite, la sélection par cytométrie en flux et la génétique.

Enfin, on peut mentionner également l'isolement de bactéries productrices d'exopolysaccharides (EPS) à partir de la collection Ifremer de souches collectées dans l'environnement profond à proximité de sources hydrothermales. La production d'EPS est intéressante notamment pour l'ensemble des technologies de transformation et d'organisation de cellules, de tissus et de biomatériaux à des fins de santé. Ces travaux ouvrent la voie à la biologie de synthèse des EPS dans le cadre de projets de partenariat industriel. La médecine régénératrice correspond à un marché mondial de plus de 8 milliards d'euros (2014) qui devrait être multiplié par 10 à 20 d'ici l'horizon 2030.

1.5 Les pressions anthropiques et leurs enjeux socio-économiques

L'Ifremer détient une expertise reconnue en matière de caractérisation du fonctionnement interdépendant des biotopes et des biocénoses et d'identification des processus biologiques et hydro-sédimentaires sous-jacents. À ces connaissances s'ajoute l'analyse de la dynamique des activités humaines se déployant dans les espaces littoraux et marins et de leurs impacts cumulés dans les dynamiques physiques et biologiques. L'institut développe également des méthodes et outils d'évaluation des enjeux économiques et sociaux des changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que dans les services écosystémiques associés.

Compréhension du comportement des structures en mer

L'océan est un milieu hostile physiquement, chimiquement et biologiquement pour tous les équipements déployés en son sein. Les industries maritimes peuvent avoir en retour un impact significatif sur les écosystèmes marins. L'Ifremer a développé un savoir-faire reconnu concernant le comportement des structures en mer. Ce savoir-faire repose sur des compétences dans le domaine du comportement mécanique et physico-chimique des matériaux en milieu marin et sur des moyens expérimentaux originaux : bassin océanique profond de 20 m, veine de courant et caisson hyperbare en eau de mer pouvant atteindre 2400 bars. Ces compétences et moyens expérimentaux ont valu à l'Ifremer une reconnaissance internationale concernant les interactions hydrodynamiques des structures pétrolières, éoliennes ou hydroliennes et le comportement des polymères et des mousses syntactiques sous pression. Aujourd'hui, les travaux sur ces sujets portent par exemple sur le rôle de la diffusion d'eau dans l'altération des matériaux polymères, sur l'impact de la pression et de la chimie sur les mousses syntactiques utilisées dans les engins sous-marins, et sur les interactions hydrodynamiques au sein de fermes d'énergie marine renouvelable (EMR). Ces travaux produisent des connaissances fondamentales essentielles à la compréhension des impacts potentiels de l'industrie maritime. Ils fournissent également les éléments nécessaires pour construire des installations industrielles marines.

Remontée du chalut à bord du navire océanographique *Thalassa* pendant une campagne Evohé.

Impact du chalutage de fond sur les communautés benthiques

La pêche au chalut de fond, ciblant les populations de langoustines de la Grande Vasière du golfe de Gascogne, est un bon exemple de l'influence des pressions anthropiques sur la distribution des communautés benthiques. Les recherches récentes montrent que deux gradients majeurs structurent les communautés de la Grande Vasière : un gradient environnemental lié à la profondeur et un gradient lié à la pression de pêche. La richesse spécifique de la macrofaune benthique varie selon ces deux gradients : les zones profondes peu exploitées rassemblent les espèces vulnérables au chalutage comme les crinoïdes et les pennatules. *A contrario*, les communautés des zones plus côtières, où l'effort de pêche est important, sont composées de prédateurs opportunistes, mobiles et peu sensibles au chalutage comme les crabes. L'Ifremer a ainsi mis en œuvre des moyens d'observation des fonds marins (exemple : traîneau Pagure) qui contribuent à réaliser des radiales vidéo afin d'évaluer l'abondance des terriers à langoustines dans la zone. Par ailleurs, ces approches ont facilité l'estimation de la vulnérabilité des communautés benthodémersales vis-à-vis du chalutage de fond. L'approche pluridisciplinaire, par l'association des compétences des halieutes avec celles des géologues spécialisés en dynamique sédimentaire et des benthologues spécialistes des habitats, a contribué à l'élaboration d'une vision intégrée de ces écosystèmes. Enfin, le croisement des informations collectées avec celles issues du système d'information halieutique (SIH) permet la caractérisation de l'état de l'écosystème en fonction des intensités du chalutage de fond et selon un maillage géographique à échelle fine.

Changements d'usages du littoral

L'aménagement des territoires par l'homme s'est fait aux abords des rivières et des littoraux. Au fil du temps, les changements d'occupation des terres, les systèmes et pratiques agricoles ont profondément modifié les paysages avec des effets en cascade, pas toujours maîtrisés, dans les continums terrestres et aquatiques, jusqu'au littoral et même au côtier. L'impact en termes d'évolution du trait de côte lié à l'aménagement du territoire et à l'urbanisation littorale, les actions menées par l'homme pour lutter contre l'évolution du littoral renforcent l'intensité et l'impact des phénomènes d'érosion et de submersion. L'Ifremer est actif dans les avancées concernant la biogéochimie



littorale, qu'il s'agisse de la stoechiométrie des nutriments et du développement algal conduisant à l'eutrophisation des côtes, avec parfois des effets délétères pour l'environnement (hypoxie, toxicité...), ou des flux de contaminants émergents tels que les microplastiques, micropolluants organiques, nanoparticules et pathogènes. La modélisation conduit à des développements majeurs sur la thématique de l'eutrophisation en zone côtière pour une meilleure appropriation des résultats, tant par la communauté scientifique que par les institutions responsables de la gestion des eaux continentales et littorales.

Viabilité économique des pêcheries et des entreprises aquacoles

Garantir la durabilité à long terme des pêches maritimes tout en préservant la biodiversité marine est devenu un enjeu majeur au niveau international. Une approche écosystémique est aujourd'hui préconisée, qui tient compte de la complexité des dynamiques écologiques, sociales et économiques en jeu. La mise en œuvre de cette approche demeure cependant un défi, notamment l'identification de méthodes quantitatives pour élaborer des scénarios intégrant cette complexité.

L'Ifremer développe, en partenariat avec d'autres équipes françaises et étrangères, des modèles de coviabilité, dont les progrès récents en matière d'application aux pêcheries offrent une piste prometteuse pour l'appui à la gestion écosystémique. L'approche de coviabilité vise à explorer les états et les contrôles qui assurent la "bonne santé" d'une pêcherie considérée comme un système dynamique, et dont la durabilité nécessite le respect de différentes contraintes (écologiques, économiques, sociales) au fil du temps. L'approche consiste à évaluer les états présents et les futurs possibles, en fonction de scénarios alternatifs concernant l'évolution de l'écosystème, du contexte économique de l'exploitation ou des modes de régulation des activités de pêche tout en intégrant les diverses sources d'incertitude. Son application aux pêcheries mixtes du golfe de Gascogne montre la possibilité de stratégies de régulation qui préservent à la fois les biomasses des espèces exploitées (merlu, sole et langoustine) et la viabilité économique des flottilles de pêche, dans leur diversité. Un modèle bioéconomique de pêcherie de crevettes multispécifique et multiflottilles, tenant compte des interactions entre espèces, a été également construit en Guyane française.

Il a permis de tester les performances écologiques et économiques de différentes stratégies de gestion tout en prenant en compte les neuf espèces principales exploitées par la pêche côtière, en interaction trophique, ainsi que les quatre flottilles qui les exploitent.

La viabilité économique des entreprises aquacoles est fortement dépendante de la qualité environnementale. Les travaux menés sur cette thématique ont été principalement centrés sur le secteur de la conchyliculture. Ils ont par exemple porté sur l'analyse de la rentabilité du secteur ostréicole du bassin de Marennes-Oléron dans le contexte des surmortalités ou sur les effets des efflorescences d'algues toxiques sur les entreprises. Ils ont également traité plus globalement de la vulnérabilité du secteur de la conchyliculture et de celui de la perliculture. L'institut est actuellement engagé dans des projets de recherche européens analysant la durabilité du secteur aquacole en Europe, en matière de mytiliculture, sur l'élevage du bar et sur les impacts économiques des efflorescences d'algues toxiques.

Du socle aux enjeux de demain : un changement de paradigme

L'ensemble des thématiques du socle des recherches de l'Ifremer traduit la transversalité de l'approche de l'institut associant développements technologiques, appui aux politiques publiques et recherche pluridisciplinaire. Cette approche confère à l'institut une position d'expert et de référent incontournable.

Cette compétence et la connaissance associée de l'océan ont été acquises au travers d'un cercle vertueux qui va du développement de capteurs et de systèmes d'observation à la valorisation des données acquises, en passant par l'acquisition de données, leur analyse, leur validation, leur bancarisation, leur mise à disposition et la modélisation.

À l'avenir, pour demeurer un référent sur les problématiques liant la société à l'océan, l'Ifremer doit s'emparer des défis de demain, dans le cadre de ses missions, en s'appuyant sur ses compétences et ses savoir-faire acquis au fil des années.

Aujourd'hui, la société, comme les acteurs publics, attache une importance nouvelle à l'océan, notamment avec l'émergence de diverses formes de sensibilité au milieu marin.

L'anthropisation du littoral, la montée du niveau de la mer, les aléas climatiques, ou encore l'augmentation des besoins en ressources marines obligent à penser autrement la recherche de demain.

La manière de communiquer sur la complexité des socio-écosystèmes et l'incertitude concernant leurs trajectoires futures en réponse à différents changements sont un enjeu majeur. Cette question induit le développement de modèles de recherche et d'expertise qui apportent des réponses aux questions émergentes dans un contexte de changement global.

Le constat est donc que les scientifiques du milieu marin ne peuvent plus se contenter de l'observation à un instant donné et en un lieu donné, mais qu'ils doivent intégrer des données d'origine (mesures, observations, textes...) et d'échelle variées pour se projeter dans l'avenir, modéliser pour anticiper et ainsi construire des scénarios plausibles qui favorisent une politique de gestion durable des océans.

Cela oblige l'Ifremer à changer de paradigme pour relever l'ambition de décrypter les processus d'évolution et modéliser le système Océan en 2100, ce qui constitue le projet scientifique de l'institut.

Cette nouvelle étape dans la vie de l'institut doit s'accompagner de la formulation d'axes de recherche ambitieux, d'une volonté d'innovation au service de nouveaux défis technologiques et du développement d'interactions élargies avec la société, au-delà du seul appui aux politiques publiques actuelles.

En s'appuyant sur l'ensemble des savoir-faire et acquis fondant l'identité scientifique de l'Ifremer, ce projet bénéficie du socle de connaissances de l'établissement, d'une structuration robuste qui associe notamment les équipes de l'institut et des moyens techniques de qualité. Il prend sa source dans les réflexions conduites aux niveaux international et national sur la recherche marine ainsi que dans le travail important réalisé par les équipes de l'institut dans le cadre de l'exercice de réflexion stratégique. Il identifie de nouveaux enjeux scientifiques et propose des approches transverses à partir de thématiques existantes. Enfin, il nous amène à nous interroger sur la nécessité de développer de nouvelles compétences technologiques et scientifiques, et de faire évoluer les formes de travail afin d'être à même de se saisir des nouveaux enjeux scientifiques, qui constituent ainsi des vecteurs d'adaptation et de transformation de l'institut dans le cadre du projet "Ifremer 2030 pour l'Océan de 2100".

Au final, ce projet est construit sur des choix d'enjeux scientifiques dictés par l'élargissement du champ des connaissances nécessaires pour appréhender l'océan, l'évolution du paysage de la recherche, l'exigence de la société et de l'État en matière d'aide à la décision.

Tout en capitalisant sur une grande partie du socle, le projet propose une approche fondamentalement pluri- et transdisciplinaire.

Les enjeux scientifiques peuvent se résumer en six grandes orientations.

- (i) Dynamique et impacts de l'évolution de l'océan physique à l'horizon 2100.
- (ii) Événements climatologiques et géologiques.
- (iii) Interface océan-lithosphère.
- (iv) Biodiversité et écosystèmes.
- (v) Évolution des organismes dans le cadre du changement global.
- (vi) Gestion adaptative des socio-écosystèmes marins.

De même, cinq défis autour de l'observation et de la modélisation ont été identifiés pour atteindre les objectifs scientifiques du projet.

- (i) L'observation haut débit pluridisciplinaire et multiplateforme des écosystèmes.
- (ii) L'expérimentation pour améliorer notre compréhension des processus.
- (iii) La modélisation prédictive intégrée multicompartiments, multi-échelles, multi-usages et multiimpacts des socio-écosystèmes.
- (iv) Les observations dans les grands fonds.
- (v) Le développement des technologies habilitantes.

Ces enjeux et ces défis seront des fils conducteurs du triptyque recherche-innovation-appui aux politiques publiques et conduiront à penser différemment, car ensemble, ces trois piliers de l'institut.



Gorgonocéphale
(*Astrophyton muricatum*)

2

Les enjeux : Océan 2100

2.1 Dynamique et impacts de l'évolution de l'océan physique à l'horizon 2100

Enjeu 1: Intégrer l'observation, la modélisation et les processus d'évolution des océans aux échelles décennale à centennale pour affiner les prévisions

Avec son historique d'excellence dans l'observation de l'océan et dans la description des processus physiques qui l'animent, des très petites échelles jusqu'aux échelles décennales, l'Ifremer doit désormais se mettre en situation de projeter cette connaissance sur l'évolution de l'océan à des échelles de temps plus longues, qui intéressent la société et les autorités publiques.

Cette ambition s'appuiera sur plusieurs approches – paléo-océanographie et paléoclimatologie – pour analyser la variabilité de l'évolution des propriétés de l'océan et de sa capacité de régulation du climat. La projection des tendances à venir, et notamment celle du niveau d'élévation de la mer, sera étudiée, en collaboration avec diverses équipes, à travers l'analyse de la dynamique océanique et de la cryosphère.

Des simulations numériques pourront être mises en œuvre pour analyser la distinction entre variabilité naturelle à l'échelle décennale et tendances de long terme en réponse au changement climatique. Les observations satellites et *in situ* de long terme seront combinées pour une description fine des modes dynamiques des changements aux échelles annuelle, décennale et centennale. Les zones de convection profonde et les zones océaniques couvertes par la cryosphère seront scrutées du fait de leur rôle clé dans la régulation climatique. La connaissance émergente et les futures données satellitaires sur les processus de petite échelle océanique (sous-méso-échelle) seront mises à profit pour analyser l'influence de ces petites échelles sur les grandes, notamment leur rôle dans la dissipation d'énergie, et dans l'absorption de CO₂ via la production primaire. Enfin, l'Ifremer doit se mettre en situation de contribuer aux simulations numériques réalistes de l'océan aux échelles de temps longues (horizon 2100) intégrant toute cette connaissance acquise sur les processus de physique océanique pertinents à ces échelles.

Ces simulations incluront la partie côtière, qui est un enjeu fort pour la société en général, mais aussi pour la mise en œuvre des autres volets du projet scientifique de l'institut. Plusieurs études ont montré qu'à l'échelle régionale, la mer pourrait atteindre un niveau d'élévation de l'ordre de 90 cm en 2100 (et il ne s'agit pas de l'estimation la plus élevée) et le pH des eaux marines descendre de 0,2.

Les études menées à l'Ifremer, en collaboration avec des équipes nationales et internationales, s'appuieront sur des observations *in situ* et satellitaires et sur des modélisations numériques pour caractériser le fonctionnement hydrosédimentaire et la connectivité des modifications océaniques côtières, hauturières, et profondes.

2.2 Événements climatologiques et géologiques

Enjeu 2: Comprendre et prévoir la genèse des événements océan météo extrêmes

Le changement climatique influence la nature et la périodicité des événements dit "extrêmes", d'échelle temporelle courte. De plus, la montée du niveau marin tend à aggraver les conséquences de ces événements. Aussi, il est important d'étudier la relation entre l'occurrence de ces derniers et le changement climatique. Il en est de même pour l'occurrence et l'intensification des tempêtes des moyennes latitudes et des cyclones tropicaux. Leur simulation numérique et les paramétrisations inhérentes des échanges air-mer par vent fort ne permettent pas de reproduire leur dynamique. Bien que les observations par satellite et *in situ* soient indispensables pour l'étude et le suivi de ces phénomènes, elles souffrent cependant de déficits associés notamment à la physique et à l'échantillonnage spatial et temporel propres aux événements extrêmes. La levée de ces verrous se poursuivra par un renforcement de l'utilisation conjointe de plusieurs sources de données par satellite et *in situ* et par le développement de simulations dédiées. Le caractère transversal de ces études justifie de renforcer les collaborations scientifiques et techniques de l'Ifremer avec d'autres organismes, notamment météorologiques.



Hydrates de gaz à 3800 m de profondeur lors de la campagne Wacs en 2011.

Enjeu 3: Comprendre l'impact et modéliser les événements climatiques exceptionnels sur le fonctionnement des écosystèmes

L'étude des traces d'événements extrêmes dans les enregistrements sédimentaires pourrait servir à identifier le temps de retour d'un événement et les possibles effets de seuil qui aident à l'enregistrer, comme le taux de sédimentation comparé à la fréquence/ampleur de l'événement. De plus, l'identification de traces d'événements passés en différents secteurs du trait de côte et des bassins sédimentaires à l'échelle régionale pourrait signaler une évolution spatio-temporelle de la dynamique de ces événements à intégrer dans des modélisations à plus long terme.

Le développement et la mise en œuvre d'une modélisation intégrée, du large à la côte, incluant la physique, la chimie, la géologie, la biologie (jusqu'à un niveau trophique élevé), l'apport des bassins versants et le couplage avec l'atmosphère, deviennent possibles aujourd'hui grâce au développement des supercalculateurs et à l'augmentation des moyens informatiques. Au-delà de la modélisation, un enjeu majeur vis-à-vis de l'observation sera de mettre au point des méthodes d'assimilation de données plus performantes (méthodes d'ensemble et de description probabiliste par exemple) et de développer leur application à la modélisation des écosystèmes.

Enjeu 4: Comprendre et prévoir les aléas sous-marins

Les enjeux sociétaux concernant les aléas sous-marins sont importants. Les séismes sous-marins, et plus généralement les phénomènes associés à la déstabilisation des sédiments, sont ceux qui peuvent toucher le plus directement les populations côtières et les infrastructures marines. Dans le cadre du changement global, l'Ifremer donnera priorité à ceux qui sont associés à la déstabilisation des hydrates de gaz. L'observation des processus géologiques générateurs d'aléas combine la reconstruction des traces d'événements passés et de leur temps de retour (séismes, tsunamis, avalanches et glissements sous-marins) avec l'observation de phénomènes en cours par mesure *in situ* de signaux (variation du débit d'émissions de fluides, de pressions interstitielles, détection de déformation, etc.) et la modélisation numérique.

Ces travaux favorisent la reconstruction des temps de retour d'événements catastrophiques. Des modèles statistiques sont ainsi établis et les durées nécessaires à la construction de conditions favorables à des crises identifiées. La compréhension de cette dynamique par cycles (par exemple le cycle sismique) pourrait aussi mettre en évidence la présence de phénomènes qui se déclenchent une fois atteinte une certaine valeur seuil.

Concernant les observations *in situ*, la mise en place d'observatoires sous-marins multiparamètres qui produisent des données en temps quasi réel doit susciter des progrès significatifs dans la compréhension et la projection des aléas sous-marins.

2.3 Interface océan-lithosphère

Enjeu 5 : Observer et comprendre la dynamique des échanges à l'interface océan-lithosphère

D'un point de vue économique, l'interface océan-lithosphère représente un enjeu important. En effet, c'est l'endroit où de nombreuses ressources sont accessibles (ressources minérales, halieutiques, énergétiques, etc.). C'est également une interface clé pour installer les équipements nécessaires à une activité industrielle en mer (câbles sous-marins, fondations d'éoliennes, etc.).

L'expertise scientifique de l'institut sur la géodynamique de la lithosphère, la dynamique sédimentaire, la biologie des grands fonds et la physique des océans, mais aussi ses capacités techniques à construire des outils innovants pour explorer les grands fonds, le conduisent à faire de l'étude des échanges à l'interface lithosphère-océan un enjeu majeur à l'horizon 2030.

Sans être exhaustif, les questions restant ouvertes sont nombreuses.

Quelle est l'implication des communautés microbiennes dans les processus de dissolution et de précipitation des minéraux et dans les grands cycles biogéochimiques océaniques ? Quel est le rôle des composés organiques sur la complexation des métaux et leur export depuis les systèmes hydrothermaux vers l'océan ouvert ? Comment les connexions entre les bassins océaniques ont-elles influencé la circulation globale (une composante majeure dans la régulation du système climatique) au cours des temps géologiques ? Quelle est la dynamique sédimentaire associée aux courants de contour ? Quel est le rôle des courants de fond sur la colonisation des espèces benthiques et la distribution régionale et globale de la biodiversité ? Quelle est l'importance relative de la dissipation due à des instabilités intrinsèques d'une dynamique océanique intérieure par rapport à celle découlant d'interactions avec l'atmosphère en surface, la morphologie du fond ou les ondes internes ? Quel est son impact sur la circulation et les masses d'eau et l'évolution de la machine climatique ?

La limite actuelle pour les observations de la dynamique à petite échelle demeure essentiellement d'ordre technologique et en particulier pour l'intervention au fond, qui restera la clé de cette capacité d'observation.

2.4 Biodiversité et écosystèmes

Enjeu 6 : Évaluer le devenir des écosystèmes côtiers dans le changement global

À l'interface océan-continent, l'écosystème côtier et son environnement sont exposés à nombre de pressions naturelles et anthropiques. La compréhension de la variabilité de l'environnement côtier, des équilibres naturels, sous l'emprise de ces pressions et des conséquences actuelles et futures sur la qualité des écosystèmes, est une préoccupation constante de l'ensemble des acteurs, qu'ils soient scientifiques, gestionnaires ou usagers. La dynamique d'un écosystème côtier et son évolution le long de trajectoires possibles sont contrôlées par son environnement, lui-même hétérogène et non stationnaire.

L'environnement de l'écosystème se réfère ici :

- aux variables abiotiques physiques et physico-chimiques qui décrivent l'hydrodynamique et l'hydrologie côtière (circulations terre vers mer et mer vers terre, turbulences, vagues, salinité) ;
- aux sédiments ;
- aux matières transportées, dissoutes, particulières, organiques et inorganiques.

À l'analyse de la dynamique côtière physique doit être associée la dynamique biologique. L'analyse intégrée de la dynamique microbienne (virus, bactéries, protistes) est nécessaire pour comprendre la biominéralisation et le devenir de la matière organique dans la zone côtière. Les études des réponses des biocénoses benthiques aux impacts à l'interface terre-mer doivent compléter une analyse écosystémique de la zone côtière. Il faut concevoir et proposer des actions, notamment correctives (préventives plus que curatives), sur les systèmes et les milieux, en intégrant leur compréhension (*via* les synthèses des résultats des recherches, les retours d'expérience de terrain, etc.).



Microplastiques sur la plage de Famara, sur l'île de Lanzarote, aux Canaries.

Les enjeux consistent à évaluer globalement (i) le devenir des écosystèmes ; (ii) leur vulnérabilité tant d'un point de vue sociétal qu'écologique (biodiversité, services) ; (iii) le rôle de la biodiversité sur le fonctionnement de l'écosystème en affinant la compréhension des mécanismes régissant les interactions végétation/sédiments, benthos/sédiments, pelagos/benthos et leur formalisation au sein des modèles numériques ; (iv) les indicateurs déterminant les points de rupture qui vont déséquilibrer le système et engendrer des impacts sur son fonctionnement, afin d'analyser la capacité d'adaptation et la résilience des écosystèmes côtiers. Le défi est d'appréhender la diversité d'échelles et d'intégrer la très forte fragmentation spatiale des compartiments physiques et biologiques, en faisant évoluer les outils existants, tant pour l'observation que pour la modélisation (le déterminisme de processus clés, mais également le couplage de modèles comportementaux, statistiques et déterministes) et la complexité des interactions entre et au sein de ces deux compartiments.

Enjeu 7 : Décrire les habitats sédimentaires dans le changement global

Le déterminisme des habitats sédimentaires, leur sensibilité aux forçages (naturels et anthropiques), et leur vulnérabilité nécessitent de lever plusieurs verrous, à la fois méthodologiques et conceptuels. Le premier verrou consiste à appréhender la diversité des échelles associées à cette notion d'habitat sédimentaire, de la façade à l'estran, et, pour chacune d'entre elles, d'intégrer leur très forte fragmentation spatiale. Il existe des modèles estuariens principalement hydrosédimentaires, développés à l'échelle nationale ou à l'étranger. Toutefois, la plupart de ces modèles sont spécifiques au site étudié de sorte que les efforts devraient s'orienter sur une modélisation à la fois générique et réaliste pour quantifier à des échelles plurirégionales. Le second verrou est associé à la notion d'écosystème et, en corollaire, à la nécessité de considérer une dynamique d'ensemble. Ce concept n'est pas récent, mais les dernières avancées (interactions végétation/sédiments, benthos/sédiments) confirment la pertinence de cette ambition. Cependant, le virage doit être amplifié tant dans la compréhension des mécanismes régissant ces interactions que dans leur formalisation au sein des modèles numériques, pour pouvoir évaluer globalement les trajectoires futures de ces écosystèmes et leur vulnérabilité tant d'un point de vue sociétal qu'écologique (biodiversité, services écosystémiques).

Un autre enjeu dans la connaissance des environnements côtiers est l'accessibilité à des séries sédimentaires assez longues. Les outils d'échantillonnage par carottage sont en effet limités à quelques mètres de profondeur. De plus, pour la présence de sédiments grossiers et/ou indurés, la seule technologie vraiment performante serait le forage qui est souvent trop coûteux et mal adapté. De nouvelles technologies de carottage permettant d'analyser des archives sédimentaires biologiques (fossiles, ADN ancien) et physiques (granulométrie, faciès sédimentaires), seraient donc nécessaires pour étudier les changements des écosystèmes côtiers à une échelle de temps pluriséculaire. Une réévaluation de la biodiversité marine procaryote et eucaryote peut être réalisée aujourd'hui à partir d'échantillons de sédiments marins et de la couche d'eau affleurant le plancher océanique, utilisés comme registres d'ADN des organismes (ADN ancien). Les variations spatio-temporelles de distribution de cette biodiversité et des niveaux de connectivité seront évaluées par les approches de *metabarcoding* et de *scan génomique*, tout en identifiant les interactions biotiques et abiotiques qui jouent un rôle déterminant dans sa dynamique et son évolution.

Enjeu 8 : Comprendre la dynamique des impacts cumulés par de nouvelles méthodes d'évaluation

La question des impacts cumulés est clairement identifiée par les autorités publiques. Aujourd'hui, ils sont encore évalués la plupart du temps en sommant les indices des différentes pressions exercées sur l'environnement. Nous manquons d'outils et de méthodes pour traiter les non-linéarités qui peuvent apparaître quand on cumule des effets similaires (plusieurs usines de même nature le long d'un bassin versant) ou des activités différentes. Ainsi, l'impact cumulé de différents polluants est un sujet en plein développement en écotoxicologie. Il s'agit aussi d'essayer de répondre à des questions plus générales comme les impacts cumulés des activités d'énergies marines renouvelables et de la pêche. Une approche possible est l'analyse multirisque des événements simultanés ou en cascade qui intègre les probabilités conjointes en décloisonnant les spécialistes travaillant sur les différentes composantes du risque. Comment évaluer et prédire les effets antagonistes ou synergiques de différentes pressions? Comment évaluer des effets



Ophiure noire (*Ophiocoma nigra*). |

ayant des temps caractéristiques et des échelles spatiales très différentes? Quels outils pour caractériser les points de bascule, véritables transitions de phase de ces systèmes complexes? Quelles bases de données pourraient être pertinentes pour bénéficier des travaux les plus à jour sur la fouille de données? Autant de questions auxquelles il convient d'apporter des réponses dans un contexte de changement global.

L'Ifremer s'attaquera à ces questions en adaptant ses réseaux d'observation et en s'impliquant dans l'émergence de bases de données ouvertes à l'échelle européenne. Il favorisera le développement de nouveaux outils pour caractériser la biodiversité *in situ*. Il s'appuiera sur des proxys de caractérisation géochimique pour les matrices aquatiques océaniques *via* le déploiement d'outils facilitant la caractérisation chimique *in situ*. Ces nouvelles mesures seront utilisées pour comprendre les processus contrôlant l'évolution physique et biogéochimique des masses d'eau concernées et pour construire de nouveaux modèles contrôlés par les processus ou les données.

Enjeu 9 : Identifier les effets des interactions entre groupes fonctionnels sur la dynamique des écosystèmes exploités

Au-delà d'une approche taxinomique revisitée grâce au développement des méthodes moléculaires, une approche fonctionnelle de la biodiversité fondée sur les caractères qui déterminent les réponses des organismes aux facteurs environnementaux ou leur contribution au fonctionnement de l'écosystème est nécessaire afin de comprendre les règles d'assemblage des communautés en lien avec l'environnement et les interactions biotiques en leur sein. Elle doit également servir à prévoir leur réponse au changement global et les conséquences sur la dynamique des écosystèmes et des services écosystémiques qu'ils soutiennent. Aux caractères morpho-anatomiques traditionnels viennent s'ajouter de nouveaux outils d'analyse des fonctions écologiques tels que les marqueurs trophiques (isotopes stables, lipides, pigments) et physiologiques (transcriptome, métabolome, gènes liés à la biosynthèse de molécules à caractère fonctionnel) qu'il faudra développer pour progresser dans la capacité à mesurer la diversité fonctionnelle.

Ces approches apportent une meilleure compréhension de la dynamique de la biodiversité en relation avec l'hétérogénéité de l'environnement, un enjeu majeur pour expliquer la formation des patrons de biodiversité et développer une vision intégrée du fonctionnement des écosystèmes et socio-écosystèmes. Cette vision doit être complétée par une caractérisation des patrons spatiaux de la biodiversité et des organismes et la compréhension des facteurs qui les déterminent. En effet, la connectivité entre habitats à différentes échelles spatiales et la distribution spatiale des espèces et des groupes fonctionnels vont aussi influencer sur les assemblages. Dans ce domaine, l'appropriation et le développement de nouveaux marqueurs moléculaires (métabolomique, génomique), de marques-archives (géolocalisation, physiologie des individus, paramètres de leur environnement) et de l'imagerie satellite (facteurs physico-chimiques, production primaire, substrat) seront cruciaux. Il en va de même pour l'utilisation de modèles écosystémiques intégrés qui testeront à différentes échelles biologiques et géographiques les hypothèses quant aux causalités des patrons de biodiversité actuelle et évalueront les patrons de biodiversité future sous l'influence de scénarios de forçages environnementaux et anthropiques. Il conviendra d'élargir ces travaux et approches aux composantes des écosystèmes les moins étudiées ou connues actuellement (communautés microbiennes, zooplancton, benthos, peuplements profonds).

Enjeu 10 : Évaluer la résilience et anticiper les changements d'état – points de basculement des socio-écosystèmes et de la biodiversité associée aux différents niveaux d'organisation

Un enjeu est également d'appréhender et de modéliser les réponses de la dynamique de la biodiversité à différents niveaux d'organisation, des individus aux biocénoses, aux multiples facettes du changement global et à la façon dont ces facteurs vont affecter le fonctionnement des écosystèmes, les services écosystémiques qui en dépendent et les activités humaines associées, notamment les pêcheries, les entreprises aquacoles, l'industrie de la transformation ou encore l'industrie pharmaceutique. Les travaux doivent caractériser la vulnérabilité, la résilience et le risque de basculement des écosystèmes face au changement global ainsi que la durabilité des services qu'ils offrent et des activités humaines qu'ils soutiennent.



Rose de mer
(*Pentapora fascialis*).

L'ADN/ARN environnemental ou les approches de type *omique* sur les organismes amélioreront le suivi des communautés aussi bien de micro- que de macro-organismes, de la côte au large et de la surface au profond. Ces données d'observation devront être combinées au développement d'outils de modélisation, de l'individu à l'écosystème, qui seront indispensables à la modélisation de la dynamique de la biodiversité aux différentes échelles biologiques, et pour (i) évaluer l'état d'un écosystème relativement à ses trajectoires passées; (ii) identifier des indicateurs caractéristiques des réponses aux perturbations; (iii) définir la présence de points de basculement irréversibles; (iv) prendre en compte les dynamiques d'exploitation et les enjeux économiques et sociaux des changements observés; (v) tester des scénarios de gestion et/ou mitigation visant à prévenir ou atténuer la dégradation de l'état d'un écosystème, ou à évaluer les capacités de restauration *via* des approches traditionnelles ou d'éco-ingénierie.

2.5 L'évolution des organismes dans le cadre du changement global

Enjeu 11: Identifier les mécanismes évolutifs et adaptatifs du vivant

L'évolution est à l'origine de la vie et de l'ensemble de la biodiversité. Elle constitue une des réponses adaptatives majeures des organismes à leur environnement, d'autant plus importante dans un contexte de changement global. L'étude de l'évolution, et plus généralement des mécanismes adaptatifs dont la plasticité phénotypique, ouvre sur un large spectre de sujets, des plus fondamentaux – comme tester l'implication des archées⁶ dans l'apparition des premiers eucaryotes – aux plus appliqués, tels la coévolution entre hôtes et agents pathogènes expliquant certaines épizooties chez les espèces aquacoles, l'impact des pollutions génétiques sur l'évolution des populations naturelles, ou encore l'évolution des traits d'histoire de vie des bioressources en réponse au changement global. Tester certaines spécificités de l'évolution chez les espèces marines, appréhender la relation génotype-phénotype-environnement et faire la part entre l'évolution naturelle des organismes et celle induite par le changement global sont de grands enjeux pour anticiper la dynamique et l'état futur de la biodiversité marine ainsi que la durabilité des services qu'elle soutient, comme l'approvisionnement en nourriture.

Pour ce faire, il est nécessaire de développer des marqueurs aux divers niveaux d'organisation (de l'individu à l'écosystème) pour évaluer pressions et états et pouvant servir d'indicateurs. Par exemple, par le développement de biocapteurs passifs, inspirés de la chimie des contaminants, on pourra collecter rapidement un large panel de micro-organismes (procaryotes et eucaryotes) et pallier les limites des méthodes classiques de filtration d'eau pour les études microbiologiques.

Cette thématique nécessite de considérer différentes échelles de complexité biologique (du niveau cellulaire aux populations, espèces et communautés) et l'utilisation d'approches d'évolution expérimentale. Les outils sont disponibles et en constante amélioration : infrastructures d'expérimentation et compétences en zootechnie sont disponibles à l'Ifremer; les méthodes *omiques* et la modélisation biologique intégrée, qui couple dynamiques écologiques et dynamiques évolutives, font également partie de la palette d'outils disponibles et à développer. L'analyse des génomes de certaines espèces modèles conduirait à identifier les bases génétiques de leur évolution. L'identification et la comparaison d'écotypes (individus, populations ou espèces) pourraient également faciliter la compréhension du rôle de l'habitat dans l'adaptation des organismes.

Enjeu 12: Évaluer l'apport de la génomique des populations en écologie

La génomique et plus généralement les outils *omiques* deviennent indispensables pour étudier un certain nombre de questions écologiques, notamment en lien avec la réponse des individus, populations et communautés au changement global. Un des exemples les plus parlants est celui de la connectivité et de la structuration des populations. Ce sujet est de première importance dans des domaines aussi variés que la connectivité des écosystèmes profonds, la pertinence des réseaux d'aires marines protégées ou la délimitation des stocks halieutiques. Les marqueurs génétiques neutres combinés à la théorie neutre de l'évolution offrent un outil très pertinent pour l'étude de ces questions. Celui-ci n'est utilisé par l'Ifremer que depuis peu et uniquement pour l'étude de la connectivité des écosystèmes profonds.

L'Ifremer doit donc s'emparer des outils existants pour traiter de sujets écologiques et d'aquaculture jusqu'alors hors d'atteinte. La collecte de données génomiques et phénotypiques le long d'un continuum populations naturelles-populations d'élevage-populations expérimentales, pour certaines espèces modèles, est également une opportunité à saisir pour appréhender les relations phénotype-génotype de manière intégrée. Cela contribuera à la compréhension de l'évolution des populations naturelles et à une gestion optimisée des populations d'élevage. De même, l'Ifremer se doit de devenir leader dans

le développement de l'utilisation de l'eDNA⁷, en combinant ses moyens à la mer et ses capacités de suivi traditionnel de la biodiversité et de la démographie/biomasse des populations avec la génomique. Au-delà d'un suivi à court terme de l'eDNA pour étudier des aspects écologiques comme la biodiversité structurale ou l'abondance des espèces dans un premier temps, un suivi à plus long terme pourra servir à des études évolutives dans un second temps. Les domaines plus particuliers pour lesquels la génomique des populations pourra être mise à profit sont: (i) le développement, puis l'utilisation de méthodes alternatives d'évaluation de la démographie des populations halieutiques, (ii) la caractérisation génomique des espèces sauvages et/ou d'intérêt halieutique et aquacole, (iii) l'exploration de certains pans inconnus de la biodiversité structurale. Le développement de ces approches de biologie moléculaire implique l'essor de services de bio-informatique et de bancarisation de données adéquates pour nourrir ces analyses.

Enjeu 13: Identifier de nouvelles bioressources marines

L'évolution et la coévolution entre espèces sont également à l'origine de la production par des micro-organismes, mais aussi par certains macro-organismes, de métabolites ayant des applications en sciences pharmaceutiques (exemples : molécules antimicrobiennes, peptides d'origine ribosomale ou non, polysaccharides, terpènes, etc.), en cosmétique et dispositifs médicaux (exemple : biopolymères), à fort potentiel de valorisation en alimentation humaine ou animale ou bien encore dans le traitement des rejets (recyclage du carbone, de l'azote et du phosphore au travers de l'utilisation de microalgues). Le défi est d'identifier de nouvelles bioressources issues du milieu marin et, grâce à la génomique et aux nouvelles techniques, de caractériser leurs voies de mise en œuvre et ainsi de mieux comprendre et reproduire leur potentiel actif.

⁶ Archées : micro-organismes présents en environnement extrême comme les sources hydrothermales.

⁷ eDNA : ADN environnemental.



Travail en équipe sur la bathysonde pendant une campagne Pelgas sur le navire océanographique *Thalassa*.

2.6 Gestion adaptative des socio-écosystèmes marins

Enjeu 14 : Coconstruire la programmation transversale pour l'aide à la gestion adaptative

L'institut doit développer une programmation transversale fondée sur une approche partenariale pour répondre aux enjeux de la gestion écosystémique et construire une véritable science de l'aide à la gestion adaptative des socio-écosystèmes marins en situation d'incertitude. Une telle programmation devrait être pluridisciplinaire, associant sciences de l'homme et de la société, sciences de l'univers et sciences de la vie et de l'environnement. L'objectif est de construire, en partenariat avec différents acteurs de la société, une approche intégrée des trajectoires à long terme des socio-écosystèmes marins dans le but :

- (i) de conduire des analyses rétrospectives visant à comprendre les processus économiques, sociaux, culturels et écologiques en jeu dans les évolutions des relations entre société et écosystèmes marins, d'identifier les temporalités de ces différents processus et de leurs interactions, d'étudier les phases de rupture et de crise (anciennes ou plus récentes) et les réponses observées, en prenant en compte le rôle des différents acteurs et des modes de gouvernance, et de tirer de ces travaux des enseignements concernant les capacités d'adaptation et de résilience face aux changements;
- (ii) de développer des projets collaboratifs de recherche visant à l'élaboration de scénarios futurs pour

les socio-écosystèmes marins, en prenant en compte l'évolution des représentations de l'océan et des valeurs qui lui sont attachées, des perceptions des risques en lien avec le développement des usages de la mer, pour aborder explicitement la question des compromis à trouver entre de multiples objectifs.

En les mettant en œuvre dans un cadre partenarial, on partirait de situations concrètes, dans lesquelles des interventions (développement d'une nouvelle activité en mer, inflexion majeure dans les règles encadrant les activités existantes, mise en œuvre d'une innovation technologique, etc.) pourraient être étudiées comme des expériences, dans l'optique d'une gestion adaptative.

La construction d'une telle approche transversale aura un rôle structurant sur différents dispositifs d'observation de l'Ifremer, au niveau des méthodes et stratégies de collecte et de structuration de données, en lien avec les suivis réglementaires auxquels l'institut contribue en assistance à maîtrise d'ouvrage, mais également de données d'observation collectées par d'autres acteurs. Cette mise en œuvre conduira l'institut à s'intéresser aux problématiques liées à la communication et à la visualisation de résultats scientifiques puisqu'il s'agit de partager des diagnostics et représentations des systèmes étudiés. Elle mobilisera des outils de concertation, de sciences participatives, de cocréation et de prospective.

3

Les défis, des outils pour comprendre l'évolution de l'océan : acquisition de données et modélisation

Défi 1 : L'observation haut débit pluridisciplinaire et multiplateformes

L'Ifremer est très impliqué dans les infrastructures d'observation de l'océan (Euroargo, Emso, observatoires côtiers, consolidation Ilico/Jerico) et l'intégration de ces structures devra être poursuivie, au niveau national et international. Un des défis sera de développer les observations biogéochimiques (connaissance du cycle du carbone) et biologiques (paramètres EOV[®] biologiques).

Développer une meilleure compréhension des écosystèmes affectés par le changement global constitue, comme nous l'avons vu *supra*, un des enjeux scientifiques dont l'Ifremer doit s'emparer. Pour ce faire, l'institut doit être en mesure de développer et/ou de consolider des observatoires pluridisciplinaires et en mêlant des données standardisées et de qualité *in situ* ou par satellite. Ainsi, ce défi promeut une approche intégrée, systémique et unifiée aux échelles locale, nationale et mondiale.

Plus spécifiquement, les approches de génétique intégrée et de type *omique* devraient émerger dans les années à venir et être incluses dans les futures observations, notamment concernant les micro-organismes et plus généralement l'ensemble du biote. L'observation intégrée est un véritable défi pour l'écologie marine, car de nombreux paramètres nécessitent la production de séries temporelles. Dans ce contexte, les campagnes à la mer récurrentes (halieutique et DCSMM) sont à même de devenir de vraies plateformes d'observation écosystémique servant, dans le prolongement de leur évolution actuelle, des objectifs de recherche et de soutien aux politiques publiques. Pour la chimie et l'observation des effets biologiques des contaminants chimiques, la tendance est à l'extension des listes de polluants pris en compte, à la recherche non ciblée de polluants et au développement de bio-essais capables de renseigner sur l'état du milieu sans passer par le dosage de molécules chimiques spécifiques.

Défi 2 : L'expérimentation pour améliorer notre compréhension des processus

L'Ifremer dispose d'infrastructures expérimentales originales et des compétences en zootechnie associées qui seront utilisées pour l'étude des réponses des organismes aux effets environnementaux, mais aussi les réponses de certains processus écologiques tels que les relations trophiques. Certaines hypothèses qui sous-tendent l'utilisation de marqueurs biologiques pourront également être testées avec ces moyens. Il s'agira notamment de décrypter des situations complexes observées *in situ* par le contrôle de facteurs environnementaux d'intérêt, et d'étudier les effets physiologiques sur des espèces cibles pouvant être aussi les espèces sentinelles de certains sites d'étude. Certaines espèces animales modèles (bivalves et poissons) étudiées à l'Ifremer pourront également présenter des traits d'histoire de vie compatibles avec l'expérimentation sur plusieurs générations et ainsi enrichir l'étude des effets transgénérationnels et de l'évolution des populations faisant notamment appel aux outils *omiques*. De la même manière, les dispositifs expérimentaux de culture de microalgues et bactéries seront utilisés pour l'étude sur les potentialités physiologiques et génétiques de ces organismes et permettront d'envisager les processus à l'échelle des communautés pour comprendre les successions phytoplanctoniques. Concernant l'aquaculture, l'Ifremer est associé à des recherches afin de réduire les rejets d'élevage ; de nouveaux procédés doivent être proposés comme les systèmes à recirculation nouvelle génération et les systèmes multitrophiques. Les relations trophiques telle la sélectivité des proies zooplanctoniques par les larves de poissons pourront également être étudiées ainsi que la validité de certaines hypothèses concernant les traceurs biologiques, comme le fractionnement des acides gras essentiels *versus* non essentiels. Cette approche globale devra déboucher sur un concept d'éco-tron marin.

[®] EOV : Essential ocean variables.

Défi 3: La modélisation prédictive intégrée multicompartiments, multi-échelles, multi-usages et multi-impacts des socio-écosystèmes

L'Ifremer apporte un soutien aux politiques publiques avec des avis intégrés sur les impacts de scénarios de gestion des pêcheries et des cultures marines et une implication forte dans les directives européennes (DCE, DCSMM), en particulier pour les espèces exploitées et leur environnement. L'Ifremer doit proposer des outils de diagnostic pour mettre en évidence les compromis entre les objectifs écologiques, économiques et sociaux. Parce que l'institut est proche de la demande sociétale et professionnelle, l'élaboration de scénarios de gestion, basée sur des outils de modélisation intégrée est envisageable.

Le développement de la modélisation numérique est donc un rouage essentiel à la valorisation de la plupart des systèmes d'observation utilisés à l'Ifremer. C'est une approche indispensable pour la compréhension des processus gouvernant la physique, la biogéochimie ainsi que la dynamique des écosystèmes et des systèmes géologiques, mais aussi pour décrire et prévoir leurs évolutions.

La formalisation des processus biologiques au sein de modèles physiques demandera le même investissement dans l'innovation que dans la consolidation de ces modèles.

Défi 4: Les observations dans les grands fonds

Le défi consistera à adapter les outils de la flotte océanique pour répondre aux besoins scientifiques de mesure et de prélèvement, en améliorant les outils d'observation (sondeurs, sismique), de prélèvement et de communication (haut débit optique, téléprésence), en facilitant l'accès aux zones à échantillonner par une meilleure autonomie des engins sous-marins en les dotant d'une plus grande intelligence embarquée (réalité augmentée et intelligence artificielle).

La limite actuelle pour les observations de la dynamique à petite échelle demeure essentiellement d'ordre technologique. L'intervention au fond reste une clé et il faut attendre beaucoup des progrès concernant l'utilisation des ROV (plus grande souplesse d'adaptation des charges utiles, automatisation des interactions engin/ascenseur, perception augmentée en 3D). L'utilisation d'AUV de profondeur, submersibles habitables et/ou de systèmes de mouillage/mesure *in situ* et observatoires sous-marins dans le grand fond pourrait rééquilibrer le grand manque de données dans ce milieu qui reste une frontière à explorer pour des découvertes scientifiques et de possibles exploitations de ressources.

Défi 5: Le développement des technologies habilitantes

Pour répondre aux défis identifiés *supra*, de nouveaux développements technologiques devront être menés dans les domaines non exhaustifs suivants.

- Concevoir et développer des outils et des méthodologies d'identification de l'ADN environnemental dans les domaines côtiers, hauturiers et profonds.
- Développer et mutualiser les technologies de traitement et d'analyse d'images: vision 3D, réalité augmentée, imagerie hyperspectrale, extraction automatique d'informations, reconnaissance de forme, classification, etc.
- Développer des drones spécialisés.
- Développer ou intégrer de nouveaux capteurs miniaturisés, nanocapteurs, biocapteurs, capteurs intelligents, autodescriptifs et objets connectés.
- Développer le suivi des populations, en halieutique, par marquage.
- Exploiter les solutions techniques de génération et de stockage d'énergie.
- Adapter les technologies de *big data* et de l'intelligence artificielle dans les sciences marines.

4

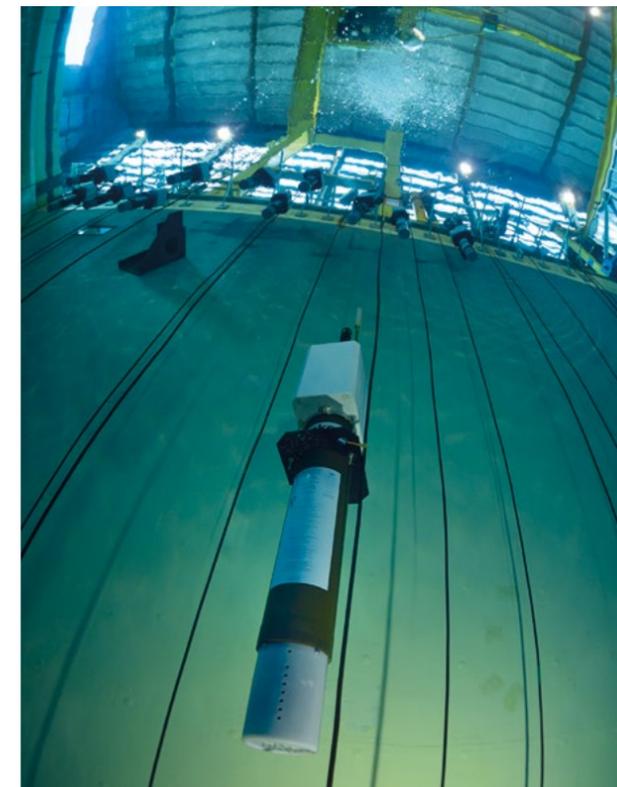
Évolution des infrastructures

4.1 Pérennisation et consolidation des infrastructures d'observation européennes: Euroargo, Emso, observatoires côtiers

Les infrastructures de recherche (IR)/très grandes infrastructures de recherche (TGIR) actuelles européennes, Euroargo et Emso, sont dorénavant organisées au travers d'un Eric, coordonné par la France pour l'Eric Euroargo et par l'Italie pour Emso. L'évolution d'Euroargo passera par des mesures opérationnelles sur les grands fonds, grâce aux Deep Argo, et de biogéochimie (oxygène, pCO₂, pH, nutriments) pour mieux modéliser le cycle du carbone. Pour Emso, le défi sera de produire un suivi permanent et régulier des paramètres environnementaux à partir des stations fond de mer et dans la colonne d'eau des observatoires aux points fixes.

L'Ifremer coordonne, sur l'ensemble du littoral métropolitain et sur les côtes ultra-marines, la mise en œuvre de réseaux d'observation de la mer côtière pour des besoins de surveillance: Rephy, Remi, Rocch, Resco, Mytilobs, etc. Au niveau du littoral, il sera essentiel de prendre en compte le continuum homme-terre-mer. Les zones côtières sont des lieux d'interaction importante entre les activités anthropiques et le milieu marin. De nombreuses nouvelles méthodes de mesure (mesures pigmentaire, cytométrie en flux et approches de type *omique*) sont désormais matures ou quasi matures et peuvent être intégrées en routine, complétant l'existant et ouvrant vers une observation haut débit pluridisciplinaire et multitechnologique des écosystèmes au service de tous.

Parallèlement, le système d'information halieutique (SIH) constitue un observatoire national des ressources halieutiques et de leurs usages destiné à répondre à des questions d'expertise et de recherche dans le cadre de l'approche écosystémique des pêches. Il œuvre à la collecte de données portant sur les ressources halieutiques et leur capture, les flottilles de pêche et les écosystèmes marins exploités, et également à leur bancarisation et à leur diffusion. Depuis longtemps, le SIH est pionnier dans la rationalisation de l'observation halieutique et vise à la pérenniser et à l'inscrire dans une démarche qualité. Les campagnes à la mer à finalité halieutique portées par le SIH devront devenir de véritables plateformes d'observation écosystémiques servant divers



Test de flotteurs océaniques (Provor Bio) au bassin d'essais du centre Ifremer de Bretagne.

objectifs, à la fois de recherche et de soutien aux politiques publiques (exemple : PCP, DCSMM, DCE) dans le prolongement de leur évolution actuelle.

Pour les observatoires côtiers, il y a un fort besoin de consolidation Ilico *versus* Jerico qui devrait aboutir à la création d'une infrastructure élargie d'observation côtière et littorale de type Esfri, assurant l'interface entre un Esfri très côtier (e-Lter) et les Erics marins (Euro-Argo, Emso).

Il sera important de consolider le *leadership* de l'Ifremer dans la gouvernance de ces différentes infrastructures d'observation (coordination Euroargo, Jerico-Next, partenaire actif et indispensable d'Emso et d'Eurofleets). Étroitement liées à l'observation, l'harmonisation et la consolidation des bases de données, dans le but de bancariser puis d'exploiter et partager, au bénéfice de la société dans son ensemble, font partie de la stratégie scientifique de l'institut. L'Ifremer est ainsi fortement impliqué dans le pôle de données système Terre *via* le pôle Odatis, et sa position internationale en données marines dans les infrastructures européennes (Copernicus, SeaDataNet) est un atout indéniable qui méritera d'être pérennisé.

4.2 La TGIR flotte océanographique française

L'orientation future des campagnes sera de deux ordres : campagnes plus thématiques et spécialisées, et/ou campagnes polyvalentes. Un effort doit être fourni pour rendre notre flotte plus respectueuse de l'environnement, en particulier par l'optimisation des transits et le développement de campagnes pluridisciplinaires.

L'excellence des équipements scientifiques et des engins sous-marins, opérés dans une approche industrielle avec des performances garanties, doit continuellement être recherchée par des innovations sur les plans technologique et opérationnel, en particulier en améliorant la vision sous-marine 3D (ROV), en rendant plus autonomes et performants les engins sous-marins (AUV et *docking* AUV), et en améliorant la communication haut débit sous-marine. La téléprésence devra se développer sur tous nos navires et l'utilisation de plateformes d'opportunité (navires, structures en mer type fermes EMR ou sites pétroliers, structures fond de mer) sera également recherchée pour donner plus de souplesse à la programmation de la flotte océanographique française et pour limiter son impact environnemental.

Le rôle d'observation physico-chimique de la flotte doit également se développer autour des équipements de mesure en continu comme les *ferrybox* et les profileurs acoustiques de courant (ADCP), qui peuvent être utilisés en permanence, y compris durant les transits.

4.3 Consolidation et évolution des infrastructures expérimentales pour répondre aux besoins de la communauté

Les infrastructures aquacoles doivent évoluer vers une mutualisation croissante des moyens en s'ouvrant à d'autres thématiques telles que l'halieutique, la physiologie, l'écotoxicologie et la génétique des populations, et en facilitant l'accès par une meilleure gestion des expérimentations.

Les infrastructures bassins d'essais sont inscrites sur la feuille de route des IR du ministère chargé de la Recherche. Theorem est appelé à devenir, à terme, la contribution française à l'infrastructure européenne Marinerg-i.

Les infrastructures bassins d'essais devront faciliter leur accès tant au domaine académique qu'aux industriels.

Les infrastructures caissons hyperbares sont un moyen exceptionnel au niveau européen et sont indispensables pour la mise au point d'équipements sous-marins. Des évolutions sont nécessaires pour pallier la vétusté des installations et pour les adapter à l'évolution des demandes de clients internes et externes (augmentation de la durée des essais, amélioration de la précision du pilotage des conditions expérimentales, de la fiabilité des conduites d'essais longue durée et de la qualité métrologique).

En matière d'instrumentation plus légère, il sera nécessaire de réaliser des développements innovants pour être capable d'améliorer les capacités de caractérisation physique des sites (vélocimétrie *in situ*, capteurs matériaux pour mesurer la fatigue des machines), mais aussi pour accompagner les exigences de suivi environnemental (monitorage des installations en mer, biocapteurs).

L'Ifremer, le CNRS et l'UBO se sont équipés à Brest d'une plateforme analytique Pôle de Spectrométrie Océan (PSO) dotée de plusieurs instruments analytiques de pointe qui donnent accès à de nouveaux traceurs géochimiques et isotopiques pour des recherches marines touchant aux domaines de la chimie, de la biologie et de la géochimie marine. Cette plateforme fournit, et doit continuer à le faire dans le futur, des outils géochimiques performants de dernière génération pour mener des recherches scientifiques multidisciplinaires sur les cycles biogéochimiques des métaux, les interactions fluides-roches-organismes, les transferts chimiques, notamment en contexte sédimentaire, et les variations paléo-océanographiques.

Pendant la prochaine décennie, des développements analytiques majeurs sont attendus, en particulier concernant les mesures des isotopes stables dans certains composés chimiques d'importance environnementale et une intégration renforcée à l'Ifremer des recherches en géochimie marine aux domaines de la biologie et microbiologie marine, ainsi que concernant le traçage isotopique des polluants inorganiques.



Vue aérienne de la plateforme expérimentale Ifremer de Palavas-les-Flots (34).

4.4 Les systèmes d'information et les bases de données marines

Héritée en droite ligne de l'organisation mise en place par l'Unesco dès les années 60, la position de l'Ifremer en tant que centre de données est reconnue aux niveaux national, européen et international. Le besoin de collecte, d'assemblage de jeux de données qualifiés et de mise à disposition de la communauté d'utilisateurs scientifiques perdurera, et devra s'adapter aux évolutions de formats et au volume de données issues des systèmes d'observation.

L'Ifremer joue un rôle moteur dans la mise en place progressive de l'IR *pôle de données et de services du système Terre* (tout particulièrement dans sa composante pôle océan Odatis) et devra continuer à s'y impliquer, car elle répond exactement au besoin de collecte/recensement, préservation et mise à disposition des données. Ce positionnement fait de l'Ifremer un acteur majeur de la stratégie open science du Mesri.

La démarche IR *pôle de données* inclut aussi un volet expertise/produits dérivés qui devra être déployé dans les prochaines années en impliquant des scientifiques de tous les partenaires nationaux pertinents.

L'IR *pôle de données* et la stratégie européenne des *clouds* (Eosc, Dias...) supposent que les jeux de données qualifiés, sorte de produits finalisés des centres de données, soient mis à disposition sous des formats précis à travers les pôles et/ou les *clouds*.

Le positionnement futur de l'Ifremer pourrait donc s'exprimer sous forme d'une activité de collecte/qualification/préservation/traitement de données (centre de données) et une activité d'expertise scientifique et technique tirant parti des technologies *big data* et des ressources des pôles et/ou des projets européens.

Un moteur de l'innovation

Chapitre 3

Introduction : l'économie bleue

1. La philosophie InOcéan : innovation et agilité
2. L'innovation comme vecteur de renouvellement dans la pratique scientifique et technologique
3. L'innovation organisationnelle

Polypes de corail mou
(*Alcyonium glomeratum*).

Chapitre

Un moteur

de

l'innovation

Contribuer à l'économie bleue mais également renouveler les processus internes de l'institut et développer des pratiques efficaces et originales, notamment en appui aux politiques publiques.

L'économie bleue

Il est maintenant admis que les océans, les mers et les côtes recèlent des ressources naturelles immenses et des solutions aux grands défis de demain. Les océans sont source de vie, de nourriture, d'énergie, de molécules thérapeutiques... et par conséquent source d'innovation et de croissance. Tout comme les ressources terrestres, les ressources marines sont limitées et fragiles, et d'ores et déjà soumises aux pressions anthropiques et climatiques que sont la surexploitation des ressources vivantes et minérales, la pollution, les variations climatiques et la diminution de la biodiversité. Il s'agit donc de chercher un équilibre entre la croissance économique et la préservation des milieux.

Le principe de *l'économie bleue* est né de cette prise de conscience et désigne l'ensemble des secteurs économiques liés à la mer, accompagnés des politiques incitatives. Il conduit à l'utilisation durable des ressources des mers et des océans. *L'économie bleue* vise donc à promouvoir des innovations, une croissance économique et un développement social à caractère durable et responsable pour les océans et les régions côtières.

Un constat mondial

L'économie maritime mondiale représente un chiffre d'affaires annuel de 1 500 milliards de dollars, soit 2,5% de la valeur ajoutée brute mondiale (VAB) et 31 millions d'emplois directs. Près de 190 milliards de dollars d'activité n'existaient pas avant 2010. D'ici à 2020, ces nouvelles activités devraient générer près de 450 milliards de dollars de chiffre d'affaires annuel. À l'horizon 2030, la croissance de certains secteurs de l'économie maritime sera supérieure à celle de l'économie mondiale. Les projections réalisées par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) indiquent qu'«entre 2010 et 2030 sur une base de scénario au fil de l'eau, l'économie de l'océan pourrait plus que doubler sa contribution à la valeur ajoutée brute (VAB) [...] et représenter environ 40 millions d'emplois (équivalents temps plein)».

Afin d'assurer le développement coordonné, durable et à long terme des activités liées à la mer, l'OCDE a émis une série de recommandations. L'objectif est de favoriser la coopération internationale dans les domaines des sciences et technologies maritimes afin de dynamiser l'innovation,

de renforcer la gestion intégrée des mers en s'appuyant sur le partage de connaissances, de consolider les bases statistiques et les indicateurs liés aux secteurs d'activité de l'économie de la mer, d'étoffer les capacités de prospective du secteur maritime pour une meilleure anticipation des changements et des tendances à venir.

Une stratégie de "croissance bleue" portée par l'Union européenne

Les mers et les océans sont des moteurs de la prospérité économique européenne. Selon le rapport publié en 2012 par Ecorys (*Scénarios et facteurs d'une croissance durable liée aux océans, aux mers et aux côtes*), l'économie bleue de l'Union européenne représente 5,4 millions d'emplois et une VAB de près de 500 milliards d'euros par an.

Pour répondre aux recommandations de l'OCDE, l'Union européenne a adopté en 2012 un plan stratégique pour la croissance bleue qui se traduit par la mise en place de mesures, de plans d'action et d'initiatives en faveur des secteurs concernés.

Ainsi, en ce qui concerne le soutien à l'innovation, le programme de recherche européen Horizon 2020 (H2020) a changé les modes de recherche dans le domaine maritime. Ces projets sont l'occasion de favoriser les relations entre les industriels et les laboratoires de recherche, au niveau européen et mondial, et de faciliter la transition de la recherche en laboratoire vers un marché économique. Entre 2014 et 2016, 800 millions d'euros ont été alloués dans le cadre de H2020. Une politique d'investissement en faveur de l'économie maritime est également menée au travers des fonds d'investissement tels que le Fonds européen de développement économique et régional (Feder), le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (Feamp) ou encore le Fonds européen pour les investissements stratégiques (Feis).

Les secteurs de l'économie bleue reconnus aujourd'hui comme à fort potentiel de croissance et d'innovation pour l'Union européenne sont : les énergies "bleues" (éolien *offshore* et énergies marines), l'aquaculture, le tourisme maritime et côtier, les ressources minérales marines et les biotechnologies.

La place de choix de la France

La France est au deuxième rang mondial pour ses espaces maritimes, notamment grâce à ses territoires et départements ultramarins.

L'économie maritime représente déjà en France 17,8 milliards d'euros de valeur ajoutée et emploie 200 000 personnes hors tourisme. Il est considéré que chaque pourcent des marchés de l'économie bleue représente 30 000 emplois potentiels.

Pour assurer la croissance bleue, la France doit augmenter l'investissement dans les infrastructures, être en mesure d'accélérer la mise sur le marché des innovations et faire de la préservation de l'environnement un avantage compétitif en termes d'innovation et de capacité d'influence.

Le positionnement de l'Ifremer

Le spectre des compétences et savoir-faire de l'Ifremer couvre les cinq secteurs à fort potentiel de croissance précités.

Énergies marines renouvelables : l'Ifremer a participé à de nombreux projets de recherche fondamentale ainsi qu'à la conception et à la validation de démonstrateurs. Si l'on se réfère aux perspectives de croissance de l'Union européenne, la prochaine phase d'innovation devra concerner la réduction des coûts de ces technologies et le développement de turbines flottantes fiables, tout cela pour inciter au déploiement de machines opérationnelles et ainsi mieux contribuer à la transition énergétique. Dans le domaine énergétique, on peut également citer la contribution de l'Ifremer dans le domaine *oil & gaz* sur les aspects tant géophysiques qu'environnementaux.

Aquaculture : si les premiers efforts du plan stratégique de croissance bleue ont porté sur la simplification des formalités administratives liées aux permis d'installation, il faut maintenant, toujours selon l'Union, promouvoir la valeur et la qualité des produits de l'aquaculture européenne et prouver la durabilité de la filière en tenant compte de son impact sur les stocks de poissons sauvages et la qualité des eaux tout en répondant au défi de nourrir la planète. Dans ce domaine, l'Ifremer dispose là aussi de compétences notables qu'il conviendra de faire fructifier dans cette conjoncture favorable à l'aquaculture.

Tourisme : l'enjeu principal de cette filière est de réduire son empreinte sur les paysages et son impact sur l'environnement ; cela passe autant par l'aménagement du littoral que par l'optimisation des modes de propulsion des navires de croisière et par la surveillance de la qualité des eaux, ce dernier domaine faisant partie des missions de l'institut.

Ressources minérales marines : l'enjeu est d'exploiter l'expérience en matière de navires spécialisés, d'engins et de technologies sous-marines autrefois développés par l'institut pour l'extraction pétrolière, afin de contribuer aux projets de recherche et développement pour l'extraction en zones profondes et s'atteler à protéger de tout dommage les écosystèmes uniques des grands fonds.

Biotechnologies marines : ce domaine aujourd'hui à haut risque, mais à forte valeur ajoutée, apporte des solutions tant au niveau de la santé, de la nutrition humaine et animale, que de la cosmétique, de la production de biocarburant ou de bioplastique où tout reste à faire. L'institut dispose là aussi d'atouts considérables (par exemple, des compétences en culture de microalgues, en caractérisation des exopolysaccharides microbiens, une vaste souchothèque, etc.).

1

La philosophie InOcéan : innovation et agilité

Bien que l'Ifremer dispose de compétences, de moyens et d'expertises pour apporter un support important sur les secteurs à fort potentiel identifiés par l'Union européenne, la question des interactions de l'Ifremer avec le monde socio-économique et de sa contribution à l'innovation est pointée depuis plusieurs évaluations externes.

Deux constats principaux ressortent des différentes évaluations :

- d'une part, la conception jusqu'ici développée de la valorisation et du rapport au monde économique s'inscrivait dans une démarche linéaire consistant trop à se saisir de cette préoccupation en fin de parcours ;
- d'autre part, la composante innovation de l'institut n'est évidemment pas séparable de l'ensemble de l'activité et suppose d'organiser un dialogue qui mette en perspective les divers aspects du travail des équipes. C'est en ce sens qu'InOcéan est un projet autour de la culture de l'institut afin de conforter l'identité de ce dernier qui se situe à la croisée des domaines.

De ces remarques découlent des orientations :

- il convient d'inciter les chercheurs à se poser la question le plus tôt possible de l'utilisation de leurs recherches et des incidences de celles-ci aussi bien sur le monde économique que sur les politiques publiques. Il faut aussi se défaire, si c'était le cas, de l'idée que c'est lorsque les résultats des recherches sont presque cernés qu'on doit se poser la question de leur valorisation dans le monde économique ou de leur importance pour la politique publique ;
- cela a pour conséquence de pousser les chercheurs à se décloisonner et les ingénieurs à regarder au-delà des besoins stricts de l'Ifremer pour voir plus large. Une telle démarche pousse à établir plus de partenariats avec des entreprises du monde économique ou d'autres organismes de recherche ;
- cette approche doit être portée à tous les niveaux de management. Les grands choix de thèmes de recherche, par exemple, doivent s'efforcer de clarifier la ou les finalités de la recherche sur le plan tant de la compréhension du monde que de la valorisation dans le monde économique.

Il apparaît ainsi que le débat ne saurait se résumer à la seule question de la valorisation (au sens d'une exploitation passive de résultats acquis), de l'augmentation des ressources externes (qui ne peut être qu'une conséquence du processus faute de ne pas construire sur le moyen terme), ou encore de la diversification des relations *per se*.

Il y a, par ailleurs, une question plus large de culture de l'innovation à rendre plus vigoureuse au sein de l'institut, dans le cadre de son triptyque recherche/appui aux politiques publiques/innovation, élément structurant de l'identité de l'institut.

C'est en ce sens que l'institut a engagé la démarche InOcéan dédiée à l'innovation.

Cette évolution culturelle est d'autant plus importante qu'elle est en lien étroit avec la légitimité de l'institut et sa valeur ajoutée par rapport à tous les acteurs impliqués dans la recherche marine. En effet, c'est bien au croisement de cette triple motivation, appliquée à l'objet maritime, que se situe l'originalité de l'Ifremer.

Il faut souligner qu'il s'agit d'un point de départ et que, comme toutes les évolutions de nature culturelle, les bénéfices attendus ne s'exprimeront que dans la durée. La construction s'inscrit donc dans un horizon de temps long. Il serait vain d'espérer des bouleversements immédiats, surtout dans un domaine comme la recherche où les constantes de temps s'échelonnent sur plusieurs années avant d'aboutir à un résultat confirmé et exploitable.

L'innovation est une des composantes majeures du projet d'ensemble de l'institut et amène de fait à soulever une question centrale pour le modèle de l'institut qui est celle de l'équilibre et du pilotage entre les attentes et les missions.

Plusieurs outils de mobilisation pour l'innovation seront mis en œuvre dans cette démarche :

- Révision des objectifs des départements déclinant la stratégie scientifique exposée dans ce document et prenant en compte ses inflexions au cours du temps et du développement du projet de l'institut.
- Appels à manifestation d'intérêt conjoints de la direction en charge de l'innovation, la direction scientifique, et la coordination de l'appui aux politiques publiques sur de grands domaines d'intérêt (*i.e.* technologies marines).
- Incitation à l'innovation ouverte, par exemple en promouvant la création de modèles d'entreprise étendue, de campus-totem dans les implantations territoriales de l'institut, d'accueil et de *start-up* ou de *spin-off*.

Le suivi des travaux aura lieu lors de journées d'échange intitulées "Focus Innovation" ayant pour objectifs d'adapter le processus de valorisation en définissant notamment les partenariats à établir, les structures à créer (*start-up*, *spin-off*, etc.) et les ressources à mobiliser en fonction des projets et de leurs finalités.

Ces Focus Innovation sont des lieux de rencontre et de travail partagé entre le monde de la recherche et le monde économique, pour lever d'éventuels verrous, définir de bonnes pratiques et illustrer concrètement la démarche.

En pratique, ils se déroulent en trois phases.

- Une première phase est l'occasion pour les participants de partager les sujets de recherche qui recouvrent les plus grands enjeux économiques.
- La seconde phase propose une première sélection des pistes de travail que pourrait développer l'institut en partenariat avec d'autres organismes ou d'autres industriels.
- La troisième phase définit un plan d'action et un planning pour la mise en œuvre des idées.

Ce concept a été expérimenté dans un premier temps pour trois thèmes démonstrateurs entre fin 2017 et début 2018.

- Biotechnologies marines appliquées à la santé, la cosmétique et la biopréservation.
- Communication optique sous-marine.
- Énergies marines renouvelables, structures et matériaux.

Ces expérimentations ont montré leur agilité et ont fait naître de nouveaux fonctionnements, initié de nouveaux partenariats et amené à prendre en considération, dans les travaux de recherche, une dimension innovation.

Les Focus Innovation ont vocation à se généraliser comme un outil opérationnel de l'institut.

Le succès de la démarche InOcéan passera par l'appropriation de tous les personnels de ces réflexes "innovation". Cela suppose disponibilité et fluidité de l'information, afin de faciliter l'adhésion de tous ; pour ce faire, une stratégie de communication reliaera les actions et avancements de la démarche.

2

L'innovation comme vecteur de renouvellement dans la pratique scientifique et technologique

L'océan numérique et les systèmes d'information

La transformation numérique s'impose désormais dans la démarche scientifique. Accroître la connaissance pour mieux comprendre le fonctionnement de l'océan et les enjeux d'exploitation associés motive l'élicitation de questions scientifiques. Ces questionnements sont à l'origine de l'élaboration de nouvelles théories ou hypothèses, mais aussi de l'acquisition d'observations *in situ* du milieu qui nécessitent le développement de capteurs qui eux-mêmes fourniront des données multidimensionnelles.

La transformation numérique, par les outils qu'elle propose, opère un rapprochement des démarches *in silico* et *in situ*; les modèles sont nourris de ces données et nourrissent le jeu de données pour apporter des réponses aux questions et alimenter cette boucle dynamique de la production de connaissances (nouvelles questions, nouveaux modèles, etc.). L'assimilation de données multiples (dans leur nature, dans leur échelle, dans le compartiment observé) dans les modèles et le pilotage accéléré de l'observation conduira à une production de connaissances intégrée marquant une rupture par rapport aux approches compartimentées par domaine et discipline. Une voie de réflexion s'ouvre ainsi sur le pilotage de la technologie par l'accélération des résultats essai/erreur obtenus à partir de ces modèles/traitements.

Dans le contexte de l'océan numérique et de son corollaire, l'océan connecté, la transformation numérique concerne l'ensemble de la chaîne allant de l'acquisition des données, en passant par leur stockage jusqu'à leur exploitation efficace. Un des défis consiste à définir les informations pertinentes, telles les variables essentielles ou les indicateurs. Quels que soient les modèles utilisés pour décrire la réalité de l'océan (physique, chimique, biologique, socio-économique), ils seront basés sur ces marqueurs.

Les questions auxquelles nous serons confrontés en matière de capteurs et de données dans les années à venir peuvent être formulées en ces termes: Quels capteurs restent à inventer? Comment optimiser l'échantillonnage des mesures? Comment valoriser le volume de données archivées? Comment assurer un accès et une présentation des données de la façon la plus précise et la plus "traçable"?

La modélisation est l'outil par excellence pour formaliser, comprendre et anticiper des changements du système océan. Deux écoles cohabitent dans l'élaboration des modèles: les approches dites "guidées par la théorie" et celles "guidées par les données". La première consiste à formaliser un fonctionnement rationnel fondé sur des connaissances mécanistiques et/ou théoriques et de le confronter aux données pour valider ou faire évoluer la connaissance. La seconde cherche plutôt à faire émerger des données une théorie ou une compréhension des mécanismes partant de l'hypothèse que les données sont suffisantes. L'avènement du *big data* favorise le rapprochement de ces deux écoles.

Parmi les questions auxquelles nous serons confrontés en matière de modélisation dans les années à venir, et qui sont associées à la transformation numérique, on peut notamment lister: Quels sont les nouveaux défis de ces approches de modélisation? Quels changements la transformation numérique va-t-elle induire sur la modélisation numérique et le traitement des données? Quelles nouvelles portes s'ouvrent? Quels sont les dangers apparents de la transformation numérique pour la modélisation et son usage pour l'aide à la décision?

Au-delà des impacts de la transformation numérique sur la façon de collecter les données et de modéliser l'environnement, les nouveaux outils numériques ont déjà commencé à changer nos méthodes de travail: en 2015, aux États-Unis, 37% des employés travaillaient depuis chez eux (temps plein et partiel). Ces outils auront un impact qu'il nous est encore difficile de jauger à l'heure actuelle. L'avènement annoncé des intelligences artificielles (IA) va-t-il révolutionner nos façons de travailler? Va-t-on assister à l'apparition de chercheurs-machines?

Dans l'intervalle, on peut légitimement initier une étude de l'impact de la transformation numérique sur notre présence sur le terrain, de même que l'on peut légitimement affirmer que les IA, après analyse des données, nous présenteront des possibilités de solutions à interpréter, et que le décloisonnement disciplinaire sera une réalité au travers du *big data*.

Les intelligences artificielles ont fortement progressé, et interviennent aujourd'hui dans de nombreux domaines tels que la banque et la finance, le domaine militaire ou encore le médical. Elles deviennent de véritables outils d'assistance dans l'analyse de systèmes complexes, de jeux de données volumineux, voire dans l'aide à la prise de décision. Face au défi de parvenir à appréhender l'océan dans la complexité de ses composantes et de ses interactions *via* l'analyse de données et/ou de systèmes de simulation pluridisciplinaires et complexes, l'intelligence artificielle appliquée aux sciences de l'océan devrait se développer dans les prochaines décennies. Contrairement à d'autres domaines scientifiques, elle est sans doute encore peu entrée dans les laboratoires de l'Ifremer et une réflexion prospective à ce sujet doit être menée dans l'institut.

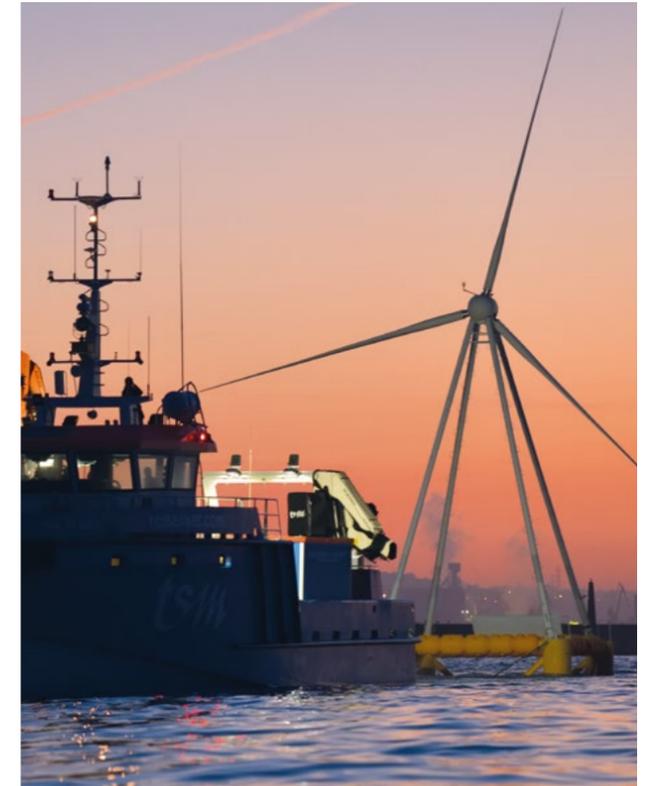
Enfin, et en relation directe avec les orientations et enjeux du cœur scientifique du projet d'institut, il est apparu évident de s'interroger sur l'apport de la transformation numérique en matière d'exploitation transdisciplinaire de la donnée.

Depuis quelques années, nous assistons en effet et participons à une explosion de la production de données de tout type et pour chaque thématique.

La pluralité de la science de l'océan suppose de transcender les cloisonnements disciplinaires, de partager la donnée brute, de disposer de lieux de rencontre et d'échange stimulant des questionnements fédérateurs.

Il pourra alors être pertinent de réfléchir à l'innovation dans l'organisation de notre travail. Cela peut passer par différentes voies.

L'une d'elles pourrait être la mise en place d'entités dynamiques, à mixité temporaire transdisciplinaire: l'avènement de jeux de données massifs et de travaux à des niveaux de plus en plus complexes demande de transcender les cloisonnements disciplinaires, et appelle à une nouvelle structuration organisationnelle *via* des regroupements, même temporaires, de compétences et de disciplines autour d'une même thématique. À l'image des *fab-lab*, la création d'espaces de travail collaboratifs favoriserait un regroupement transitoire de compétences et de scientifiques autour d'une question, facilitant un décloisonnement peu opéré



Première éolienne flottante en opération; l'Ifremer est partenaire de l'entreprise Eolink, qui l'a conçue.

à ce jour et pourtant nécessaire à de nombreuses questions en sciences marines. Avec plus d'ambition, il pourrait être proposé la création d'unités dynamiques temporaires autour d'une question rassemblant des scientifiques aux compétences plurielles (traitement du signal, mathématique, biologie, chimie, analyse de données, modélisation) installés habituellement dans des unités thématiques séparées. Cela aurait l'intérêt majeur de favoriser une mixité transdisciplinaire et ferait émerger de nouvelles questions communes en fonctionnant comme un incubateur de projets.

L'arrivée massive de données, leur gestion et surtout leurs potentialités de retraitement par des approches *big data* suggèrent également la mise en place d'une cellule de service partagé en *data-science*. La mise en commun d'outils, de méthodes et de compétences au sein de l'institut pourrait être gérée par la constitution et le soutien de cellules techniques interrogeables par l'ensemble du personnel. Il ne s'agit pas de remplacer chaque scientifique pour le traitement de jeux de données habituellement générés, mais de développer des approches de méta-analyse à partir des jeux de données générés au sein de l'institut et disponibles publiquement. Cela sera d'autant plus pertinent dans le futur avec la multiplicité des jeux de données.

L'observation et la modélisation

Le projet scientifique (chapitre 2) a été construit sur des choix d'enjeux scientifiques dictés par l'élargissement du champ des connaissances nécessaires pour appréhender l'océan. Cela a conduit l'institut à définir des outils pour comprendre l'évolution de l'océan autour de l'acquisition de données et la modélisation.

Les cinq défis mis en avant autour de l'observation et de la modélisation doivent être porteurs d'avancées scientifiques mais également des sources d'innovations.

- (i) L'observation haut débit pluridisciplinaire et multiplateformes des écosystèmes. L'institut doit être en mesure de développer et/ou de consolider des observatoires pluridisciplinaires en mêlant des données standardisées et de qualité *in situ* ou satellite. Ainsi, ce défi promeut une approche intégrée, systémique et unifiée aux échelles locale, nationale et mondiale.
- (ii) L'expérimentation pour améliorer la compréhension des processus.
- (iii) La modélisation prédictive intégrée multicompartiments, multi-échelles, multi-usages et multi-impacts des socio-écosystèmes.

Le développement de la modélisation numérique est un rouage essentiel de la valorisation de la plupart des systèmes d'observation utilisés à l'Ifremer. C'est une approche indispensable pour la compréhension des processus gouvernant la physique, la biogéochimie ainsi que la dynamique des écosystèmes et des systèmes géologiques, mais aussi pour décrire et prévoir leurs évolutions. La formalisation des processus biologiques au sein de modèles physiques demandera le même investissement dans l'innovation que dans la consolidation de ces modèles.

- (iv) Les observations dans les grands fonds. Il faudra adapter les outils de la flotte océanique pour répondre aux besoins scientifiques de mesure et de prélèvement, en améliorant les outils d'observation (sondeurs, sismique), de prélèvement, de communication (haut débit optique, téléprésence) en facilitant l'accès aux zones à échantillonner par une meilleure autonomie des engins sous-marins et en les dotant d'une plus grande intelligence embarquée (réalité augmentée et intelligence artificielle).



Échanges entre salariés sur le projet d'institut lors de la journée interne du centre Bretagne 2018.

- (v) Le développement des technologies habilitantes. Pour répondre aux défis identifiés *supra*, de nouveaux développements technologiques devront être menés dans les domaines non exhaustifs comme concevoir et développer des outils et des méthodologies d'identification de l'ADN environnemental, dans les domaines côtiers, hauturiers et profonds; développer ou intégrer de nouveaux capteurs miniaturisés, nanocapteurs, biocapteurs, capteurs intelligents, autodescriptifs et objets connectés; développer le suivi des populations, en halieutique, par marquage...

Deux pans de recherche à développer: biodiversité et interfaces lithosphère-atmosphère

Le projet fait ressortir deux grands pans de recherche s'appuyant, pour l'un, sur les interactions, lithosphère-atmosphère en milieu océanique en lien avec des développements technologiques et, pour l'autre, autour de la biodiversité, de l'écologie et de l'évolution des socio-écosystèmes marins.

La création d'une dynamique de recherche forte, la volonté de disposer d'une lisibilité thématique encore accrue en interne et à l'externe et la nécessité de faciliter la mise en place de consortiums nationaux ou internationaux pour répondre à des appels d'offres de plus en plus compétitifs, conduisent à s'interroger sur la bonne adéquation de notre organisation thématique pour réussir le projet à horizon 2030 et sur la capacité de pilotage de ces deux pans de recherche pour mesurer les progrès de l'atteinte de l'enjeu "Comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100".

3

L'innovation organisationnelle

Une organisation en adéquation avec le projet d'institut

En s'appuyant sur l'ensemble des savoir-faire et acquis fondant l'identité scientifique de l'Ifremer, le projet de l'institut est construit sur des choix d'enjeux scientifiques dictés par l'élargissement du champ des connaissances nécessaires pour appréhender l'océan, l'évolution du paysage de la recherche, l'exigence de la société et de l'État en matière d'aide à la décision.

Comme il est indiqué dans le chapitre 2, tout en capitalisant sur une grande partie du socle, le projet propose une approche fondamentalement pluri- et transdisciplinaire et conduit à penser différemment, car simultanément, les piliers du triptyque recherche - innovation - appui à la puissance publique.

En conséquence, s'adapter aux nouveaux enjeux nécessitera des évolutions dans le périmètre des compétences organisationnelles de l'Ifremer.

Création de masses critiques

Pour développer les projets scientifiques et leur procurer une visibilité thématique nationale et internationale, l'Ifremer devra afficher ses forces en matière de ressources humaines, notamment sur les deux pans de recherche biodiversité et interfaces atmosphère-lithosphère.

La volonté de construire des partenariats solides à l'international, et d'attirer des chercheurs étrangers dans l'institut va accroître l'importation de compétences et l'ouverture de l'institut. Par ailleurs, en renforçant les liens thématiques avec d'autres acteurs nationaux comme les écoles d'ingénieurs sur nos sites privilégiés, l'institut abordera avec eux de manière complémentaire les grands défis de demain comme l'IA en sciences marines.

L'institut a décidé de renforcer les liens avec ses partenaires dans le cadre de la politique de site sur trois sites métropolitains (Bretagne, Pays de Loire, Occitanie) et dans le Pacifique (voir chapitre 4). Cela doit conduire l'institut à identifier dans ses compétences et ses forces, celles qui sont en adéquation avec les caractéristiques du site. À titre d'exemple, le projet amène l'Ifremer à envisager un fort développement dans le domaine de l'évolution des organismes marins: il paraît évident que cet effort,



Enceintes électroniques
de l'observatoire Emso-Nice.

qui sera à terme accompagné de moyens, devra se faire sur le site de Montpellier, dont on connaît la force en matière d'écologie et de biologie de la biodiversité.

La mise en valeur des compétences locales doit cependant être poursuivie dans le domaine de la collecte de données et de la surveillance pour l'amélioration de la connaissance du milieu, la bancarisation des données du territoire et un meilleur appui aux politiques publiques. Ainsi, les laboratoires "côtiers" de l'Ifremer représentent une spécificité et une richesse unique au niveau national. La connaissance du milieu et sa surveillance doivent être le rôle privilégié de ces laboratoires, du fait de leur grande connaissance du territoire où ils se trouvent et de leur interaction forte avec lui et avec ses acteurs. Cette spécificité doit être soutenue et encouragée afin de mieux valoriser en interne et vers les parties prenantes les compétences et les données issues des travaux.

Visibilité des moyens technologiques et des infrastructures de l'Ifremer

Dans la transversalité que recherche l'institut, les moyens technologiques et infrastructures jouent un rôle essentiel. Ils sont en effet des lieux de rencontre et d'attractivité. Il faut amplifier leur mutualisation à l'international et les ouvrir au monde socio-économique. En leur donnant plus de visibilité, l'Ifremer doit réussir à bâtir des projets scientifiques internationaux autour de ses moyens technologiques et de ses infrastructures et les utiliser dans un cadre d'innovation et de valorisation. Il convient également de les piloter de manière plus transversale au sein d'Ifremer afin de disposer d'une politique partagée par tous et de créer une cohérence d'ensemble sur la base de priorités en lien avec ses compétences.

Acquérir de nouvelles compétences internes

Ce projet d'institut ne saurait se développer avec succès sans le mener en considérant avec beaucoup d'attention la plus grande richesse de l'institut que constitue son personnel. À ce titre, il conviendra de mener un exercice de GPEC cohérent avec les axes et les enjeux du projet d'institut, dans ses trois volets en interaction, recherche - innovation - appui à la puissance publique. En effet, les compétences nouvelles seront développées soit en lien avec de nouvelles technologies comme celles du numérique,

soit de nouvelles infrastructures ou systèmes d'observation, soit, bien sûr, sur de nouveaux enjeux de recherche comme l'évolution et la modélisation multi-échelles.

Il s'agira d'inventer une politique de recrutement qui valorise au mieux les atouts de l'institut et de nouvelles manières de gérer les carrières.

Pour mobiliser l'ensemble du personnel sur les nouveaux enjeux et sur l'implication nécessaire dans les trois volets du triptyque, l'Ifremer devra se doter de dispositifs innovants de coopération et d'implication du personnel.

Des outils de pilotage et de maîtrise des risques

La spécificité et l'efficacité de l'institut résident dans sa capacité à aborder de manière systémique les divers enjeux liés au domaine marin dans un très large contexte national, européen et international, public ou privé. Celui-ci est marqué par des évolutions, des opportunités et des risques qu'il convient de maîtriser, en adaptant et en anticipant les moyens et les compétences nécessaires pour y faire face.

Pour y parvenir, il sera nécessaire de poursuivre l'amélioration et l'appropriation par chacun des outils de pilotage et de maîtrise des risques.

Un retour d'expérience mené en 2016 sur le système de management de la qualité et la transition vers la norme ISO 9001:2015 a conduit à une nouvelle organisation avec un nombre réduit de processus, plus appropriée aux finalités et aux métiers de l'organisme, le tout en soutien opérationnel à la mise en œuvre des orientations stratégiques.

L'ensemble est construit pour améliorer l'écoute et la satisfaction des parties intéressées et clients, et mieux traiter les dysfonctionnements dans un cadre d'amélioration continue.

Les axes de la politique qualité sont les suivants.

- Assurer la fiabilité et la traçabilité des activités.
- Promouvoir une plus grande rigueur sur la base de méthodes intégrées et partagées dans la gestion des projets scientifiques, technologiques et fonctionnels.
- Mieux anticiper, notamment *via* l'approche risques, les évolutions nécessaires pour accroître en permanence son efficacité.
- Renforcer l'harmonisation et le partage des pratiques sur tous les sites et dans toutes les composantes de l'institut.

Le système qualité doit devenir un outil d'aide au fonctionnement au quotidien.

Poursuivre le développement d'une dimension qualité complétée par une approche de maîtrise des risques sur tous les volets de l'activité de l'institut, tant au titre même de son triptyque que dans les activités support, accroître son appropriation de la responsabilité sociale des entreprises, développer une capacité étendue de contrôle interne et d'audit, consolider son dispositif d'éthique et de déontologie sont autant de moyens qui, mis bout à bout, contribuent à construire l'institut éthique et de référence vers lequel tend le projet décrit dans les chapitres qui précèdent.

Enfin, on ne saurait oublier la nécessité d'adapter de façon continue les outils de gestion et de pilotage de l'institut, sur ses volets financiers et comptables ainsi que dans sa dimension "ressources humaines", pour faire face aux évolutions réglementaires à venir et les mettre au meilleur service des équipes scientifiques et techniques internes. La transformation numérique et les IA sont, dans ce domaine de support à la recherche, une voie d'innovation pour progresser à la fois dans la rigueur, l'efficacité et la qualité de service. Les systèmes de gestion et de *reporting* doivent devenir de véritables outils d'aide à la décision.

Un catalyseur pour les sciences et technologies marines

Chapitre 4

1. **L'Ifremer, acteur des politiques de site**
 - 1.1 La situation actuelle:
les pôles structurants pour l'Ifremer
 - 1.2 Quelle stratégie
pour les années à venir ?
2. **L'Ifremer, partenaire
du monde économique**
3. **L'Ifremer, garant de la disponibilité
et de l'efficacité des infrastructures**
4. **L'Ifremer comme chef de file national**
5. **L'Ifremer comme acteur clé
dans le concert international**

Anémones
(*Corynactis viridis*).

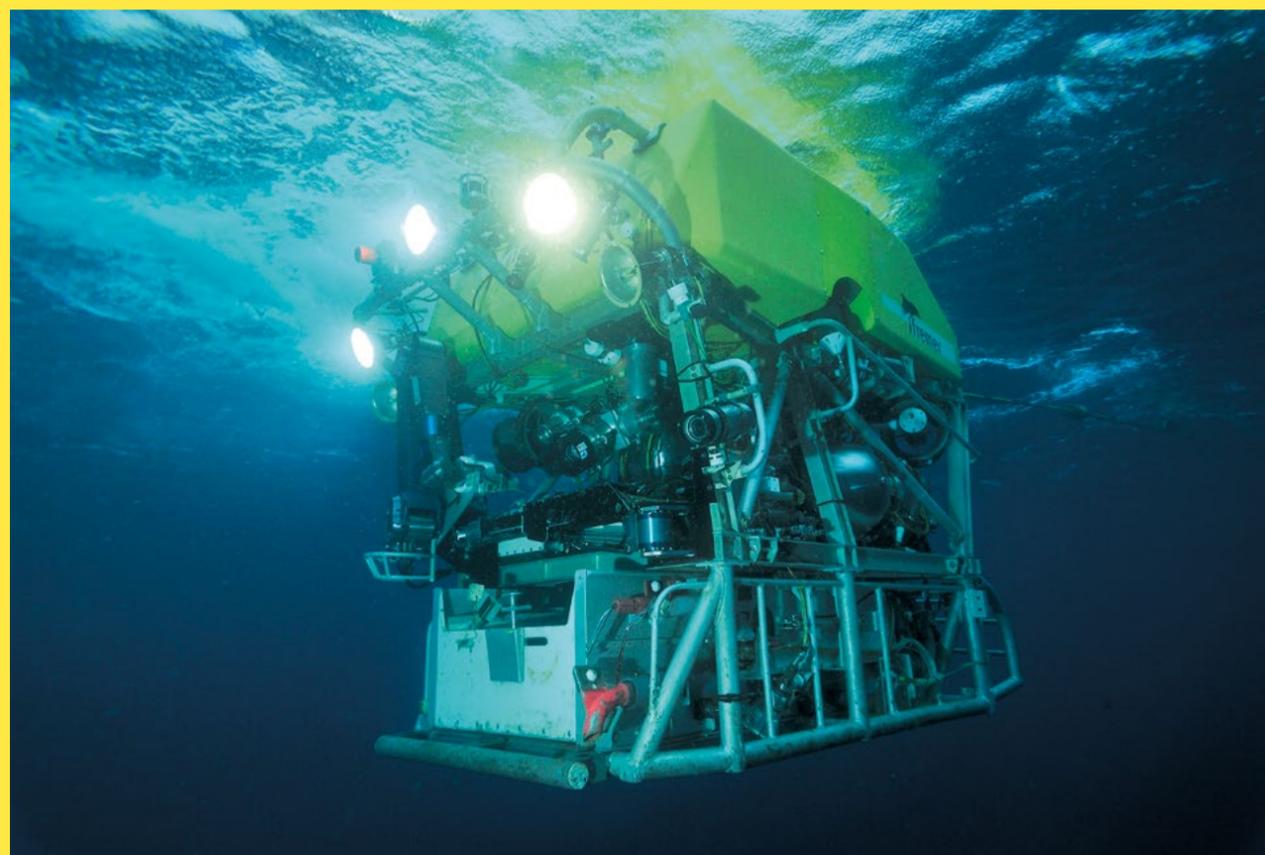
Chapitre

4 Un catalyseur pour les sciences et technologies marines

Le rôle de l'Ifremer aux interfaces avec les principaux acteurs de la recherche, de l'économie, comme de son environnement international.

Fort de sa volonté d'articulation renforcée avec la société et d'une pratique scientifique revisitée, l'Ifremer entend s'ouvrir plus encore que par le passé sur l'extérieur, en visant un meilleur rayonnement international, une insertion optimale dans les réseaux de l'enseignement

supérieur et de la recherche et les politiques de site, en agissant tant en animateur qu'en garant scientifique et technique, ou encore catalyseur de l'action nationale au bénéfice des sciences et technologies marines.



Le robot téléopéré Victor 6000 en opération.

1

L'Ifremer, acteur des politiques de site

L'Ifremer ne peut construire seul un projet d'institut aussi ambitieux autour des sciences marines. Les partenariats sont essentiels à cette ambition afin de constituer des pôles multipartenaires et multidisciplinaires pour relever les défis du futur et former des chercheurs et ingénieurs d'excellence dans ce domaine. La politique de site sera une orientation prioritaire dans la stratégie de l'institut et les années à venir afin de renforcer nos partenariats au sein de l'enseignement supérieur et de la recherche.

L'enseignement et la formation par la recherche doivent faire partie des enjeux centraux de cette stratégie à la fois au regard de la responsabilité de l'Ifremer pour former des cadres dans son cœur de métier, mais aussi dans le cadre de sa participation à une dynamique nationale et internationale en matière de formation.

Sur les principaux sites d'implantation de l'Ifremer, il sera essentiel de bien structurer l'implication de l'établissement dans les activités d'enseignement, notamment dans l'optique de s'intégrer dans des outils du PIA 3 (EUR et universités européennes).

1.1 La situation actuelle: les pôles structurants pour l'Ifremer

Dans le cadre de la mise en œuvre de la loi sur l'enseignement supérieur et la recherche du 22 juillet 2013, l'Ifremer est acteur des politiques de site pilotées par ses partenaires universitaires qui se concrétisent en Communauté d'universités et établissements (ComUE), d'une part, et en projets d'Idex ou d'I-Site, d'autre part.

En ce qui concerne les réponses au PIA, l'Ifremer s'est mobilisé avec ses partenaires dans chacun des projets où une thématique marine a pu être identifiée et dans laquelle il peut jouer un rôle majeur, plus particulièrement en Bretagne-Loire et en Languedoc-Roussillon. Sa stratégie d'implication dans le paysage de l'ESR a pour objectif de construire des pôles structurants autour de ses centres.

Les régions Bretagne et Pays de la Loire revêtent une importance particulière pour l'institut puisque ses deux centres les plus importants (Atlantique, pour ses unités installées à Nantes et Bouin, et Bretagne, pour les unités installées à Plouzané et sur d'autres stations rattachées au centre) sont situés dans son périmètre. Ces deux centres représentent un effectif global de près de 850 salariés (dont environ 250 chercheurs, 490 ingénieurs et techniciens et 110 administratifs), soit près des deux tiers des effectifs de l'institut. L'école doctorale Sciences de la mer et du littoral de l'UBL, qui regroupe les forces de l'enseignement supérieur sur les deux régions, est un interlocuteur important de l'Ifremer à travers les bourses doctorales que l'institut finance. L'Ifremer joue un rôle essentiel dans l'axe Brest-Nantes avec plusieurs projets autour de la contamination chimique environnementale des estuaires et aussi l'infrastructure de recherche Theorem avec l'École centrale de Nantes.

Sur le site de Brest-Plouzané, en parallèle des partenariats conduits hors secteur académique avec des acteurs industriels ou le pôle Mer Bretagne Atlantique, notamment, le développement de partenariats en région avec des acteurs universitaires a été et reste très important. L'Ifremer y est présent et actif dans toutes les instances du site orientées sur la mer : à titre d'exemple, peuvent être cités l'école doctorale Sciences de la mer et du littoral (EDSML), le LabEx Mer et maintenant, l'EUR ISblue, qui associe les universités, des organismes et des écoles, 4 UMR (Lemar, Lops, LM2E, Amure), et la bibliothèque La Pérouse (BLP). De manière générale, il s'agit d'un pôle important de l'institut.

Sur le site de Nantes, la construction des partenariats est plus récente, mais très concrète sur le plan scientifique, avec la fédération de recherche Institut Universitaire Mer et Littoral (IUML). Les thématiques de l'Ifremer (biotechnologies, microalgues) sont importantes pour l'institut et soutenues par la région Pays de la Loire. Si l'institut n'est pas associé au 1^{er} cercle de l'I-Site Next (Nantes Excellence Trajectory), il faut néanmoins noter que plusieurs unités ont des interactions et des projets autour des EMR avec l'École centrale de Nantes, avec un fort soutien régional.

En Occitanie, l'Ifremer est bien implanté dans le paysage scientifique, avec les UMR Marbec et IHPE, qui portent la thématique biodiversité marine. Ces deux UMR ont rejoint le Labex Cemeb et participé à l'élaboration de l'I-Site Muse (Montpellier University of Excellence) labellisé en 2017 ; elles portent une thématique "gestion durable des ressources naturelles et des écosystèmes" d'intérêt pour les équipes de l'Ifremer. De l'ordre de 600 chercheurs prennent part à la thématique mer-littoral-ressources de cet I-Site, parmi lesquels une cinquantaine de l'Ifremer.

Sur le site de La Seyne-sur-Mer, le centre Méditerranée s'associe au site Toulon-Marseille sur la problématique de la robotique sous-marine. Le Centre Européen de Technologie Sous-Marine (Cetsm), issu des premiers travaux du groupement d'intérêt scientifique (GIS) OceanoMed et porté par l'Ifremer, offre également un point de convergence aux organismes et aux industriels. Des coopérations existent entre ses équipes et les universités d'Aix Marseille et de Toulon ainsi qu'avec l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée (autour des contaminants).

Sur le site de Boulogne-sur-Mer, le GIS Campus international de la mer, actuellement présidé par l'Ifremer, regroupe l'ensemble des scientifiques locaux (universités du littoral Côte d'Opale et de Lille ; Anses ; CNRS et Ifremer). Ce GIS a conduit à la formation d'une fédération de recherche.

En outremer, la situation est très diverse selon le département et/ou le territoire.

Le centre Ifremer du Pacifique (CIP), basé à Vairao (Tahiti), gère également l'implantation de Nouvelle-Calédonie bilocalisée (Nouméa, Saint-Vincent) ; ces deux sites sont impliqués dans des structures partenariales, matérialisées par le Cresica en Nouvelle-Calédonie et l'UMR EIO (écosystèmes insulaires océaniques) à Tahiti. En Polynésie, l'accord-cadre de coopération avec le gouvernement de la Polynésie française sur la période 2016-2021 conforte les thèmes de travail actuels, notamment autour de la perliculture.

À noter que l'ensemble des chercheurs de Tahiti ainsi qu'un cadre de Nouvelle-Calédonie sont membres du Labex Corail.

En Guyane, les partenariats s'organisent dans le cadre de l'UMSR Leeisa, où se rassemblent les organismes.

En Martinique et à La Réunion, les unités de l'Ifremer sont en lien avec les acteurs locaux de la recherche sans être dans une structuration de site. À La Réunion, plusieurs accords-cadres signés en 2017 (État, Réserve naturelle marine, Observatoire des tortues marines de La Réunion et Centre d'Étude et de Découverte des Tortues Marines) ouvrent des perspectives de recherche pour les années à venir.

1.2 Quelle stratégie pour les années à venir ?

L'institut s'inscrit dans la politique de site nationale définie par le ministère responsable de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Il ne peut pas construire seul une politique de recherche ambitieuse sur les sciences marines : les partenariats sont essentiels à cette ambition afin de constituer des pôles multipartenaires et multidisciplinaires destinés à relever les défis du futur et former des chercheurs et ingénieurs d'excellence dans ce domaine.

L'analyse de la contribution aux regroupements universitaires et des partenariats scientifiques de l'Ifremer conduit naturellement à poser le constat d'un institut structuré autour de trois valences principales :

- une première en Bretagne autour du site de Brest-Plouzané ;
- une deuxième en Pays de la Loire autour du site de Nantes ;
- une troisième en Occitanie autour de Sète-Montpellier-Palavas.

La stratégie de l'institut sera de développer et renforcer sa politique de site sur les pôles brestois, nantais et occitan. Il est partenaire de deux projets PIA3 : il se positionne comme copilote de l'EUR ISblue et dans le cadre de l'I-Site Muse ; il copilote une initiative clé *mer et littoral*. Sur Nantes, l'implication de l'institut sur le site sera renforcée par un rapprochement avec des partenaires comme l'université de Nantes, notamment afin de consolider la structuration de la thématique *microalgues*, l'Imta et l'École centrale de Nantes.



Phare du Petit Minou, à Brest. |

Le constat posé sur les autres implantations dérive du croisement entre l'existence (ou non) d'un environnement académique fort et les caractéristiques des implantations. Ainsi, les stations de façade, dédiées au premier chef à l'appui aux politiques publiques, ont vu leur activité confortée, mais n'ont pas vocation à croître.

Pour les autres implantations proches ou dans des sites universitaires, où, actuellement, les sciences marines ne représentent pas un axe fort en masse critique et prioritaire du site, ou pour ceux où les équipes scientifiques de l'Ifremer ne sont pas de taille suffisante, l'objectif est de nouer ou maintenir et/ou renforcer des liens forts avec les partenaires en les formalisant sous la forme d'une fédération de recherche, mais sans volonté à court terme d'ouvrir des UMR.

En ce qui concerne les Dom-Tom, l'institut s'inscrit dans une politique de maintien de ses forces, mais là aussi avec la volonté de mutualiser avec d'autres partenaires des sites afin d'atteindre des masses critiques et de pouvoir s'emparer de questions de recherche et de formation en lien avec les territoires. Dans ce cadre, le centre Ifremer Pacifique aura également à jouer un rôle dans le développement de la politique de l'institut à l'international sur la zone Nouvelle-Zélande - Australie. L'unité Ifremer de Nouvelle-Calédonie va rejoindre les partenaires de l'UMR Entropie. L'UMSR Leeisa demeurera en Guyane le lieu de rassemblement des organismes présents sur site et de l'université.

2

L'Ifremer, partenaire du monde économique

Les relations internationales tissées par l'Ifremer ainsi que ses travaux scientifiques participent au développement du monde socio-économique maritime. Ainsi, contribuer à faire bénéficier les entreprises françaises et européennes de la *croissance bleue* est une ambition que l'institut souhaite porter.

Au-delà de la démarche d'innovation décrite dans le troisième chapitre de ce projet, c'est un état d'esprit de partenariat et de coopération, que l'institut développe en étant à l'écoute des attentes industrielles et économiques, en s'appuyant sur les relais de la politique d'innovation et de développement nationale pour nouer un réseau dense de partenariats. Cela passe par une participation aux structures nationales ou régionales, mais aussi par un rapprochement avec le comité France maritime, animé par le Secrétariat général de la mer, et le cluster maritime français. Dans ce contexte, l'Ifremer peut jouer un rôle important pour susciter et orienter l'innovation en assurant un relais entre monde industriel et politiques publiques. Cela suppose notamment la constitution d'un réseau d'industriels qui assure à l'Ifremer d'être à l'écoute des dernières évolutions et qui puisse accompagner l'institut dans son rôle de médiateur entre les avancées scientifiques et les spécificités des divers métiers industriels.

Plus largement, l'institut a vocation à accompagner et à aider les entreprises avec une politique de soutien qui s'étend sur une large gamme : du cadre classique de la recherche partenariale à l'appui à l'incubation ou à la transformation de ses apports techniques en participation au capital. Cette gamme d'outils offre l'opportunité de nouer un maillage fin de relations avec le monde économique et industriel, mais aussi d'enrichir l'activité de l'institut par l'hybridation entre les compétences.

Les infrastructures de recherche sont des outils qui ont aussi vocation à être au service du développement économique national. Le développement et l'opération d'IR et de TGIR par l'institut représentent donc un moyen stratégique pour tisser des liens avec des acteurs du monde industriel. En effet, les différentes plateformes de l'institut peuvent être utilisées par de petites entreprises dans leur développement, comme moyens de validation de concepts innovants. Le positionnement de ces infrastructures au niveau européen est également un point fort, car il les rend visibles et disponibles pour les acteurs de la deuxième puissance économique mondiale. L'institut s'attachera donc à faire bénéficier les acteurs économiques d'un accès privilégié aux moyens d'étude et d'essai qu'il conçoit, développe et opère.

3

L'Ifremer, garant de la disponibilité et de l'efficacité des infrastructures

L'institut est un acteur majeur des infrastructures marines de toute nature : réseau Argo pour l'océan hauturier, moyens d'essai à terre, flotte océanographique. C'est une spécificité qu'il partage avec peu d'organismes et qui doit d'autant plus être entretenue qu'elle ouvre la voie à des champs de recherche prometteurs (cf. chapitre 3).

L'Ifremer entend donc s'affirmer comme concepteur, coordonnateur et porteur dans ce domaine. Bien évidemment, il ne saurait travailler seul et veillera à s'associer aux acteurs pertinents, mais son rôle de chef de file reste un élément constitutif de son identité. Ce faisant, il fait bénéficier l'ensemble de la communauté scientifique (et au-delà, on l'a vu, le monde économique) d'opportunités pour conduire leurs recherches. Cela passe notamment par une inscription des actions dans le cadre de la feuille de route des infrastructures du ministère chargé de la Recherche. La fédération dans le cadre de l'IR Theorem des moyens d'essai à terre est un exemple à poursuivre où, tout en respectant la spécificité des partenaires, l'institut est la clé de voûte de l'intégration des forces nationales.

Rencontre entre les deux navires amiraux de l'Ifremer *L'Atalante* et le *Pourquoi pas ?* au milieu de l'océan Atlantique.

S'agissant de la flotte océanographique, le rôle de l'Ifremer est encore plus spécifique. En effet, mettant fin à plus d'une vingtaine d'années de débat, l'unification de la flotte réalisée au 1^{er} janvier 2018 constitue une avancée majeure qu'il convient désormais de faire fructifier.

L'adossement de la flotte s'est effectué sur la base de quatre principes :

- l'unification budgétaire ;
- la définition d'un cahier des charges pour l'emploi de la flotte ;
- la mise en place d'une structure dédiée au sein de l'Ifremer et d'une gouvernance spécifique ;
- l'unification de la programmation.

De fait, ces principes définissent l'ambition du projet pour les prochaines années. L'unification doit rendre la gestion des moyens plus efficace. À l'Ifremer de proposer les voies et moyens pour tendre à un optimum qui repose sur une programmation plus efficace, des économies d'échelle, des innovations dans la gestion et une professionnalisation accrue de l'armateur Genavir qui passerait à la fois par une plus grande délégation, mais aussi par une responsabilité renforcée sur des objectifs précis.

La flotte doit améliorer la qualité de son service au bénéfice de tous les utilisateurs, montrant que la mutualisation se fait dans l'intérêt de toute la communauté scientifique. La démarche engagée avec le fonds de soutien aux campagnes a été un premier pas dans cette direction. Il revient à l'Ifremer de proposer avec le ministère responsable de la Recherche un dispositif qui aille au-delà et assure la motivation des communautés pour embarquer.

La flotte reste, en outre, un outil de choix pour assurer le lien avec le monde économique et participe du rôle de l'Ifremer vis-à-vis des industriels dans le cadre de partenariats équilibrés, que l'institut aura à cœur de promouvoir dans les années à venir dans une logique de complémentarité et de coopération scientifiques.



4

L'Ifremer comme chef de file national

Il est également de la responsabilité de l'Ifremer d'assurer un déploiement optimal de la palette des outils disponibles. Cela va du choix des navires les plus adaptés à la recherche de complémentarités entre divers outils d'investigation de l'océan, pour le meilleur rapport coût/bénéfice.

En prenant en charge la flotte océanographique française, l'Ifremer a aussi endossé la responsabilité de mieux l'insérer dans son environnement français et international. Il convient donc de prêter une attention particulière à l'articulation avec les divers acteurs français pour l'ensemble des questions d'autorisations et de relations avec les pays dans les eaux desquels la flotte est susceptible d'opérer. Pour ce faire, l'institut mettra en place un partenariat avec le ministère chargé des Affaires étrangères en tant qu'acteur majeur dans le domaine. Plus largement, l'unification de la flotte est aussi un atout pour le rayonnement de l'institut et de la France en général; et pour adopter une position plus ambitieuse dans le cadre de mutualisations européennes, que ce soit en matière d'utilisation partagée, de développement technologique, voire de conception commune d'engins.

Enfin, l'Ifremer est le garant de la pérennité de la flotte. À cet égard, son ambition est de préciser et de consolider un plan d'évolution soutenable qui assure le maintien des moyens à la mer, le développement d'engins innovants et l'adéquation avec les problématiques scientifiques identifiées. Ce chantier sera majeur pour les dix années à venir avec le nécessaire renouvellement de la flotte côtière, la modernisation de la flotte d'engins sous-marins en adéquation avec les dernières technologies, et la préparation des travaux lourds sur les navires hauturiers.

L'une des garanties du bon fonctionnement de la structure tient à la gouvernance spécifique mise en place afin de s'assurer du respect du cahier des charges et d'associer de manière équilibrée toutes les parties prenantes. L'Ifremer confortera d'autant mieux son rôle qu'il saura animer cette gouvernance et apporter à ses partenaires toutes les garanties sur la pertinence de sa gestion.

L'institut est dédié au milieu marin. Il peut sembler curieux de définir une structure par son milieu d'action. On a vu dans les chapitres précédents pourquoi un tel modèle est pertinent et d'ailleurs pratiqué par les divers homologues de l'institut. Dès lors, le rôle de l'Ifremer est bien d'être un chef de file au plan national pour animer les travaux dans le domaine des sciences et technologies de la mer, ainsi qu'une tête de réseau pour les projets envisagés. L'Ifremer ne revendique aucune position de monopole, mais il peut susciter et coordonner des travaux en recherchant des collaborations, dans le cadre de son projet. C'est en ce sens qu'il est une référence dans le domaine et un catalyseur des recherches. Au moment où le siège social de l'institut se transfère à Brest-Plouzané, ce point doit être souligné d'autant plus fortement: l'institut, avant tout national, doit trouver les bons équilibres entre les diverses politiques de site, assurer une cohérence entre les diverses équipes et proposer à l'État les orientations nécessaires pour l'essor de la recherche marine au service de la société, en tant que garant scientifique et technologique en sciences marines.

L'Ifremer nourrit évidemment des relations étroites et structurantes avec ses organismes partenaires et se doit d'être présent pour contribuer à l'animation nationale comme dans les alliances. S'agissant d'Allenvi, il faudra que l'institut veille à la bonne prise en compte du thème de la mer comme enjeu transversal pour la coopération entre institutions de recherche. Il devra également tirer parti des mutualisations envisageables dans le cadre de cette alliance (éthique, prospective, programmation sur les sujets émergents, etc.).

5

L'Ifremer comme acteur clé dans le concert international

La notoriété de l'Ifremer est forte, comme l'attestent les sollicitations européennes et internationales, les demandes de partenariat et les accords de coopération.

De même, une réelle reconnaissance existe tant sur le plan de la production scientifique que des capacités d'ingénierie, qui apparaissent comme comparables.

Au vu des atouts de l'institut, son ambition est de s'imposer comme l'un des *leaders* internationaux en sciences marines en utilisant tout à la fois sa diversité, sa présence sur l'ensemble de la planète et sa reconnaissance en matière d'infrastructures marines.

Cette ambition passe par :

- un renforcement des coopérations pour aller au-delà des rencontres d'opportunité et bâtir des programmes ou des projets communs inscrits dans la durée, en concentrant l'action sur quelques partenaires clés;
- une affirmation renforcée de la place de l'Ifremer au plan européen comme l'un des trois instituts *leaders*, en consolidant les succès remportés dans le cadre des programmes européens et en valorisant au mieux la dimension infrastructures au sein des diverses feuilles de route;
- une ouverture accrue vers l'international par la promotion des échanges et une capacité d'attraction vis-à-vis de chercheurs ou ingénieurs étrangers.

La dimension européenne est essentielle pour l'institut. Les succès remportés dans le cadre du programme Horizon 2020, l'invitent à s'investir plus avant en consolidant les acquis et en développant l'implication de l'Ifremer, ce d'autant que l'Union européenne est demandeuse d'interlocuteurs scientifiques et technologiques reconnus pour l'accompagner dans sa prise en compte des enjeux maritimes. L'Ifremer veillera donc à demeurer présent au premier plan des programmes européens.

Dans ce cadre, les grandes orientations pour la politique internationale de l'Ifremer s'articulent donc autour des priorités suivantes.

- Renforcer encore l'insertion dans le cadre de l'Union européenne. Cela suppose un travail sur le schéma stratégique du 9^e programme-cadre européen (PCRI 2021-2027), un renforcement du lien interne entre la direction scientifique et la direction des affaires européennes et internationales, une cartographie plus précise des réseaux dans le but de prioriser la représentation de l'Ifremer dans les instances les plus influentes, et une politique incitative interne avec une mesure des effets pour apprécier la pertinence des investissements;
- Mettre en œuvre une politique interne vis-à-vis de l'ERC et des réseaux Marie Zdzowska-Curie et Rise, favorisant ainsi le ressourcement de l'institut (lien avec la politique des unités et des choix budgétaires et humains).
- Concentrer les efforts sur un partenariat avec l'Allemagne sous deux angles: ressources minérales et grands fonds avec Geomar; technologies dans un format à définir (Marum, Geomar, Awi); observation et Atlantique nord (projet AtlantOS en lien avec l'Irlande, notamment).
- Bénéficier de l'évolution de la structure flotte pour amorcer une ouverture au plan européen et mieux valoriser les IR comme socle de coopération.
- Lancer une politique plus ambitieuse dans le Pacifique en mettant en avant les unités en Polynésie et en Nouvelle-Calédonie (optimisation de l'UMR, passage en UMR, post-doc internationaux comme premières étapes).
- Renforcer les liens avec les États-Unis et le Japon en mettant en place des projets forts de partenariat (échanges de chercheurs à long terme, d'étudiants doctorants, de post-doctorants...).
- Évaluer les potentialités de collaboration vers le reste de l'Asie et l'Atlantique Sud.

Conclusion

Grâce à ce projet, l'Ifremer entend répondre aux évolutions actuelles à la fois de l'écosystème de recherche, de l'appui à la puissance publique, et de l'innovation comme aux attentes de la société de plus en plus marquées, avec la prise de conscience par l'ensemble des acteurs du rôle fondamental de l'océan pour relever les défis du changement global. Ces éléments obligent à penser autrement la recherche et l'organisation de l'institut pour acquérir de nouvelles connaissances.

Pour demeurer un référent sur les problématiques liant la société à l'océan, l'Ifremer doit s'emparer des défis de demain, dans le cadre de ses missions, en s'appuyant sur les compétences et les savoir-faire acquis au fil des années. Ce projet innovant ouvre en cela une nouvelle étape dans la vie de l'institut. Il l'oblige à changer de paradigme pour satisfaire les ambitions qu'il se donne à l'horizon 2030, déclinées dans les quatre chapitres précédents:

- l'institut entend revisiter sa pratique scientifique et technique pour être plus que jamais un acteur en prise avec la société ;
- l'institut entend concevoir, développer et mettre en œuvre un projet scientifique ambitieux pour réunir les éléments nécessaires pour comprendre et prévoir l'évolution de l'océan à l'horizon 2100 ;
- l'institut entend être un moteur de l'innovation pour les sciences et les technologies marines ;
- l'institut entend jouer un rôle de catalyseur pour les sciences et technologies marines françaises en s'affirmant comme une tête de réseau, acteur des politiques de site et promoteur de mutualisation entre les divers acteurs, en réponse aux défis des transitions en cours dans le contexte international.

L'Ifremer réaffirme, comme fil conducteur de son projet, le triptyque fondateur de l'institut, à savoir le triple engagement recherche – innovation – appui à la puissance publique. Ce triptyque s'impose comme un cercle vertueux, un modèle efficace qui caractérise son approche des problématiques marines, à un moment où les transitions environnementale, énergétique ou numérique sont devenues prégnantes. Il doit être animé et piloté de manière dynamique et innovante, avec un attachement particulier à l'équilibre entre ses trois composantes, pour que l'Ifremer reste un organisme intégré sur les sciences marines unique en Europe.

Ce projet qui affirme une vision pour l'Ifremer en 2030, devra guider son action, même si des ajustements et évolutions seront probablement nécessaires, au rythme des avancées scientifiques et technologiques comme d'éventuelles difficultés rencontrées.

Il a amené collectivement à réfléchir à la manière dont l'Ifremer, fort de ses ambitions, souhaite être perçu par le monde extérieur dans son ensemble (grand public, industriels, communautés scientifiques nationale et internationale, partenaires du monde maritime).

Ces évolutions fortes seront constitutives d'une "identité" modernisée de l'institut s'appuyant sur cinq piliers qui traduisent ses valeurs essentielles.

1. Un institut de référence

L'Ifremer est le seul organisme national de recherche dédié exclusivement à la mer. Son excellence scientifique et son rôle de tête de réseau et de pilote d'infrastructures pour les sciences et technologies marines fondent son rayonnement national et international et son attractivité. L'institut a depuis longtemps prouvé sa capacité à être un éclairer et un innovateur. Toutes ces qualités et spécificités en font une référence incontournable en sciences marines, que ce soit pour ses activités de recherche, d'appui à la puissance publique, d'innovation et plus largement pour la *société* dans son ensemble.

2. Un explorateur du milieu marin

L'institut joue un rôle déterminant dans la découverte, la connaissance et la compréhension du milieu marin, encore mal connu, notamment les grands fonds. Cette exploration de l'océan se heurte encore à des limites géographiques, temporelles, scientifiques et technologiques, et impose à l'Ifremer de mettre en œuvre les infrastructures et les moyens d'observation (outils et concepts) existants ou à inventer. De plus, les scientifiques du milieu marin doivent désormais intégrer des données d'origine et d'échelle variées pour construire des scénarios plausibles qui favorisent une gestion durable des océans. L'Ifremer a décidé de relever cette ambition d'exploration en vue de décrypter les processus d'évolution et de modéliser le système Océan en 2100. Il peut s'appuyer, au-delà

de ses compétences scientifiques et techniques, sur la passion pour le milieu marin des femmes et des hommes qui le composent et de leur goût pour les défis et la prise de risques.

3. Un modèle efficace

L'Ifremer s'est construit sur le triptyque recherche – innovation – appui à la puissance publique. Ce modèle intégré autour des sciences marines est original, unique en Europe, et montre toute son efficacité. L'institut apporte une valeur ajoutée scientifique et technologique reconnue, notamment en tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage au service de l'État en matière d'appui aux politiques publiques. Fort d'objectifs clairs, mesurables, partagés en interne et avec les parties prenantes, l'institut fixe des règles claires, transparentes et connues de tous ses personnels, facilitant l'action et l'initiative, dans le cadre d'une organisation interne efficace à tous les niveaux, optimisant les tâches de chacun. L'institut sait gérer les risques inhérents à la gestion de projet et s'adapte aux évolutions de la science et de la société. Il innove dans son organisation et ses outils pour être à même de répondre aux défis de demain tout en maintenant un équilibre pertinent de son "triptyque".

4. Un institut éthique

L'institut se donne pour objectif l'exemplarité, avec une exigence éthique et déontologique sans faille. Pour cela, il se dote d'un référent éthique et déontologie et d'un réseau de correspondants dans les unités, départements et directions dont le rôle est d'assurer à la fois la rigueur, l'intégrité des travaux scientifiques et l'examen et la maîtrise des questions éthiques soulevées par ses activités. Une culture commune de la déontologie et de l'intégrité tant dans la sphère scientifique (recherche, appui aux politiques publiques, innovation) que pour la gestion de fonds publics est ainsi partagée avec les personnels de l'institut. Ce cadre constitue le préalable indispensable au bon accomplissement des missions de l'institut en toute transparence et conforte l'établissement d'une relation de confiance entre l'institut et la société tout entière.

5. Un acteur de la croissance bleue

L'institut agit pour soutenir l'économie bleue et pour orienter les choix économiques de la société pour la production de richesses issues de la mer en accord avec les principes du développement durable. Il s'implique dans le développement du monde socio-économique et est reconnu par de nombreuses sociétés privées et publiques liées au monde marin et au monde maritime. L'Ifremer contribue ainsi à faire bénéficier les entreprises françaises et européennes et plus largement la société de la *croissance bleue*. L'institut est aussi un acteur de l'innovation dans le monde des sciences et technologies marines. Il propulse les découvertes et innovations issues de ses laboratoires vers le monde économique. Il accélère les innovations extérieures développées par les industriels partenaires en mettant en œuvre ses moyens et savoir-faire, dans un environnement favorisant les interactions avec les sociétés privées. La démarche *InOcéan* suscite un état d'esprit fécond pour mieux insérer l'innovation dans la pratique quotidienne de l'institut qu'il a vocation à irriguer dans la durée. Elle est d'autant plus importante qu'elle appuie la légitimité de l'institut et renforce sa valeur ajoutée.

En conclusion, l'institut est, et doit continuer d'être à l'horizon 2030, un lieu privilégié où se rassemblent les savoirs et les compétences en matière de recherche, de technologie et d'innovation sur le milieu marin. Il est et sera de plus en plus une tête de réseau et un éclairer qui assure la mobilisation des communautés scientifiques et des acteurs socio-économiques, constituant à ce titre un atout précieux pour l'action maritime de l'État.



155 rue Jean-Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex - France
+33 (0) 1 46 48 21 00

www.ifremer.fr