

# L'IFREMER

## Déjà 30 ans de recherches marines



Le *Pourquoi pas?*, navire amiral de la flotte océanographique de l'Ifremer.

**C**réé en 1984 par la fusion du Centre national pour l'exploitation des océans (Cnexo) et de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (I.S.T.P.M.), l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. C'est le seul organisme de recherche français à couvrir l'ensemble des disciplines maritimes. Il conçoit et met en œuvre des outils d'observation, d'expérimentation et de surveillance. Les moyens navals de l'Ifremer participent depuis 2008 à la Très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR) Flotte.

IFREMER/MICHEL GOUILLOU

**L'identité de l'institut se construit autour de trois grands volets :** mener une recherche intégrée sur le milieu marin, apporter un appui à la mise en œuvre des politiques publiques, développer une ingénierie technologique en soutien aux recherches, le tout en partenariat avec le monde industriel. Dans le but d'atteindre ses objectifs scientifiques ambitieux et de répondre pleinement à ses missions de formation et de diffusion des connaissances, l'Ifremer travaille en collaboration avec les universités et les organismes de recherche nationaux au travers d'unités mixtes de recherche (UMR) et de fédérations de recherche (FR). L'Ifremer participe aussi, depuis leur création, aux alliances ANCRE et AllEnvi.

**P. 64 LES SUCCES D'HIER**  
30 ans d'avancées et de découvertes

**P. 68 L'IFREMER AUJOURD'HUI**  
Focus sur trois projets phares

**P. 69 ET DEMAIN ?**  
De grands défis à relever

Dossier spécial réalisé avec le soutien de



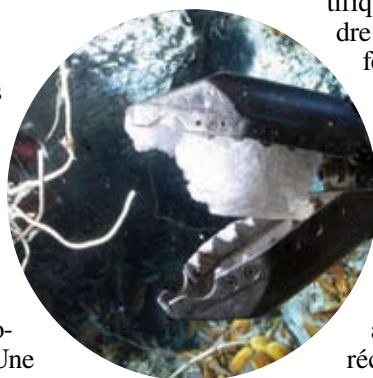
# 30 ans d'avancées et de découvertes

De la conquête des grands fonds à la surveillance des océans, en passant par les progrès de l'aquaculture, l'apport des biotechnologies... Retour sur 30 ans de progrès en recherche marine.

## A la conquête des grands fonds

Depuis sa création, l'Ifremer a développé de nombreuses technologies pour explorer les grands fonds : submersibles et robots sous-marins d'intervention et d'exploration, observatoires *in situ* dotés de caméras et d'instruments de mesure, etc. Les recherches menées en géosciences ont permis de comprendre le phénomène de tectonique des plaques puis d'explorer les écosystèmes associés aux milieux extrêmes grâce à ces technolo-

gies et aux équipements des navires océanographiques. Les chercheurs ont ainsi pu élucider les bases du fonctionnement particulier de ces écosystèmes, fondé sur la chimiosynthèse et des symbioses associant micro-organismes et animaux. Une multitude d'espèces nouvelles a été identifiée, notamment grâce aux nouveaux outils de biologie moléculaire. Des molécules nouvelles, telles que certaines enzymes produites par des micro-organismes des grands fonds ont pu être identifiées et valorisées



● La pince du ROV Victor 6000 (robot téléopéré de l'Ifremer) contenant une bouchée d'hydrate de gaz, par 3200 mètres de fond.

pour leurs propriétés spécifiques, comme l'adaptation à des températures très élevées.

Aujourd'hui, l'attention est focalisée sur la façon dont les fluides façonnent le plancher océanique et animent ces écosystèmes profonds. Les scientifiques veulent aussi comprendre comment ces écosystèmes fonctionnent à l'échelle globale, comment leurs habitants se dispersent et se reproduisent, et quelles sont leurs capacités de résilience face aux changements naturels (ex : éruption volcanique, séisme) ou liés à l'activité humaine (ex : réchauffement, exploitation de ressources). Dans le cadre du projet MIDAS (Managing Impacts Deep-seA reSource exploitation, voir page 68), les chercheurs de l'Ifremer étudient par exemple les impacts d'une éventuelle exploitation minière des grands fonds.

IFREMER/ELISABETH NEZAN - IFREMER/DOMINIQUE GIRARD - IFREMER/VICTOR

## Des océans sous surveillance

Depuis les années 1980, les méthodes d'observation de l'océan se sont grandement diversifiées. Les navires scientifiques conservent un rôle prééminent, raison pour laquelle l'Ifremer maintient une flotte dotée de la plus haute technologie. Ils ont de plus été rejoints par deux autres familles de plateformes d'observation : les satellites océanographiques et les robots sous-marins. Ensemble, ces trois piliers ont fait progresser la compréhension globale du fonctionnement de la planète.

Les systèmes de mesures se sont eux aussi diversifiés : sonars, capteurs physico-chimiques, préleveurs sur navires et véhicules sous-marins. Sur les satellites, les capteurs ont progressivement dépassé les seules mesures dans les bandes de couleur (optique) ou infrarouge, et permis de réaliser des topographies précises de la surface océanique, et d'estimer les températures de surface et de couverture des glaces.

L'amélioration continue des performances des capteurs va de pair avec celle des techniques numériques, et leurs fonctionnalités se démultiplient ; ainsi les sondeurs multifaisceaux de cartographie des fonds sont aujourd'hui utilisés pour investiguer les hétérogénéités des masses d'eau. Les moyens utilisés



en support direct aux mesures *in situ* (géo-localisation, transmission de données, etc.) ont connu des révolutions technologiques, bénéficiant également à l'observation.

Au final, l'observation des océans est réalisée aujourd'hui plus rapidement et à une échelle plus globale... tout en étant plus détaillée (voir Euro-Argo p.68).

● L'AUV Aster<sup>x</sup>, engin autonome de reconnaissance et de surveillance des fonds marins ou de la colonne d'eau.

● Le Nautille, submersible habité de l'Ifremer, conçu pour l'observation et l'intervention jusqu'à 6 000 mètres de profondeur.

Et toutes ces évolutions aboutissent à fusionner les divers instruments et méthodes en une approche d'observation intégrée. Un tel changement d'échelle conduit à des coopérations scientifiques renforcées dans le montage des projets de recherche... et pour le traitement de l'océan de données qui en découle !



## Des produits de la mer plus sûrs

En 1984, à l'initiative de l'Ifremer, était créé le Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY). L'objectif était de suivre l'évolution des communautés du phytoplancton, et de détecter les efflorescences algales →

## L'IFREMER EN 10 GRANDES DATES

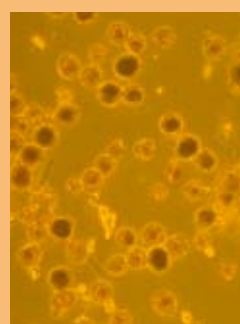


◀ **1984** Mise au point du système acoustique remorqué (SAR) qui servira en 1985 à réaliser la mosaïque d'images sonar de 300 km de la zone où gît l'épave du Titanic par 3 800 m de fond.

**1985** : Développement de la méthode de fabrication du surimi. Des cryo-protecteurs permettant

de conserver les propriétés des protéines sont mis au point.

**1988** : ▶ Le réseau RePHY identifie une espèce productrice de neurotoxine, de type PSP (Paralytic Shellfish Poison). Ce rôle préventif a permis d'éviter que des coquillages toxiques soient à l'origine d'intoxications chez l'homme.



**1999** : Purification de l'herpes virus infectant les mollusques marins. Une étape qui fut décisive pour établir le séquençage complet du génome viral.

**2003** : Séquençage complet du génome de *Pyrococcus abyssi*, une archaebactérie vivant à 2 000 mètres de profondeur, à une température de 100°C

dans les fluides hydrothermaux. Le séquençage complet de son génome a ouvert la voie à de nombreuses applications biotechnologiques.

**2005** : Baptême du *Pourquoi pas ?*, navire amiral de la flotte océanographique de l'Ifremer avec une utilisation partagée entre l'Institut et la Marine.

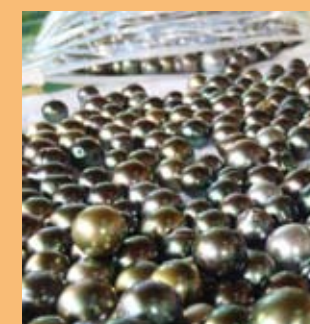
Hommage au commandant Charcot, ce navire effectue des missions pluridisciplinaires.

**2006** : Première demande française d'extension du plateau continental pour la zone du golfe de Gascogne et de la mer Celtique.

**2007** : Argo, le programme d'observation de l'océan global,

a atteint son objectif initial : un réseau de 3 000 flotteurs autonomes répartis dans tous les océans du monde.

**2012** : ▶ Découverte des mécanismes moléculaires de formation de la nacre recouvrant la perle noire de Tahiti qui se développe dans l'huître perlière *Margarita mar-*



garitifera. Ci-contre : Huîtres perlières au Centre Ifremer du Pacifique (Tahiti).

**2014** : Démonstration expérimentale de la possibilité d'induire une réponse anti-virale chez l'huître.



→ productrices de toxines, qui sont ensuite concentrées dans les mollusques, comme les huîtres et les moules. Au cours des dernières décennies, d'importantes évolutions méthodologiques ont permis d'assurer dans la continuité, grâce au REPHY, la sécurité sanitaire des produits de la mer.

Les recherches sur les phycotoxines ont été marquées par des ruptures. « Ainsi, la détection par bio-essai a pu être remplacée grâce à la mise au point des étalons et des protocoles de mesure. Le test d'innocuité des coquillages réalisé auparavant sur des souris, qui était seulement qualitatif et sujet à des interférences, a été remplacé par le dosage quantifié des toxines lipophiles », indique Philipp Hess, Chercheur au Laboratoire Phycotoxines de l'Ifremer. Dans le même temps, le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du littoral (ROCCH) a permis de surveiller la bioaccumulation dans les écosystèmes de contaminants métalliques et organiques (ex. : méthylmercure, polychlorobiphényles).

## Espèces marines exploitées : une approche écosystémique

Depuis la création de l'Ifremer, la dynamique des espèces marines exploitées est progressivement passée d'une approche traditionnelle à une approche écosystémique. Alors que la première considérait le couple « stock exploité-exploitants » isolé de l'écosystème et des autres activités humaines, la seconde élargit le champ d'investigation au cadre « écosystème-sociétés ». Objectif : trouver des compromis entre préservation de la ressource,



● Mise en œuvre du chalut à bord du navire *Thalassa* de l'Ifremer pour l'évaluation des ressources halieutiques en Manche Orientale et mer du Nord.

● Poches d'huîtres creuses à La Tremblade (Charente-Maritime)

protection de l'environnement, développement économique et attentes sociales.

En droite ligne de ce changement de paradigme, de nombreux processus sont désormais étudiés : interactions trophiques entre « groupes fonctionnels » d'organismes dans l'écosystème, influence sur les ressources exploitées de l'environnement naturel (température, nourriture...) et anthropique (ex : contaminants). Les déplacements des poissons dans leur milieu sont suivis à l'aide de marques-archives électroniques, les marqueurs individuels biologiques (otolithes, ADN) permettant de reconstituer leur histoire de vie et environnementale.

« Les chercheurs ont aussi découvert un effet évolutif de l'exploitation qui entraîne des modifications génétiques des stocks exploités et l'évolution des caractères des espèces. On le constate chez des espèces telles que la morue, l'aiglefin, le merlan ou la sole qui, en mer du Nord, deviennent reproducteurs un à deux ans plus jeunes qu'il y a trente ans », rappelle Bruno Ernande, Chercheur au Laboratoire Ressources Halieutiques de Boulogne-sur-Mer.

Une dernière grande avancée correspond à la prise en compte de la dimension économique dans les études, notamment sur les pêcheries, au travers par exemple de modèles bio-économiques, ce qui permet d'anticiper l'impact sociétal de certaines propositions de gestion.

## Les progrès de l'aquaculture

L'une des avancées majeures de ces dernières décennies concerne aussi la diversification aquacole. « Grâce à ses implantations outre-mer adossées aux équipes métropolitaines, les efforts de l'Ifremer ont en effet permis de maîtriser, en captivité, le cycle de vie de

plusieurs espèces d'importance économique (poissons, bivalves, crevettes... ) », explique Jose-Luis Zambonino, Directeur de recherche dans l'Unité de physiologie fonctionnelle des organismes marins de l'Ifremer. Les mécanismes physiologiques régulant la reproduction, les phases larvaires ou la croissance de différentes espèces continuent à être étudiés pour supporter le développement de l'aquaculture. De plus, dans un objectif de durabilité, les recherches ont permis d'incorporer dans les aliments destinés aux poissons d'élevage près de 50 % de produits d'origine végétale, en remplacement de produits animaux d'origine marine. Aujourd'hui, la reconnaissance de l'excellence des travaux et des infrastructures de l'Ifremer est reconnue à l'échelle européenne, qu'il s'agisse de projets collaboratifs ou du partage de l'accès aux infrastructures aquacoles.

« Dans le domaine de la biologie des espèces exploitées, les travaux conduits à l'Ifremer sur la physiologie digestive ont permis de lever le principal point de blocage pour développer l'élevage des larves de poissons marins : le remplacement des proies vivantes par de l'aliment composé », conclut Jose-Luis Zambonino. Cet aliment, qui fait l'objet d'un brevet, est déjà commercialisé.

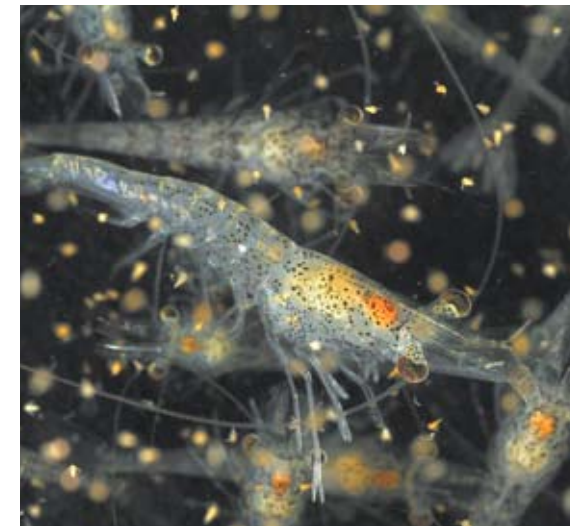
## L'apport des biotechnologies

Ces trente dernières années, les révolutions successives permises par l'émergence de la biologie moléculaire – puis l'accès au séquençage massif à haut débit – ont permis d'élucider plusieurs mécanismes biologiques importants.

Par exemple, le processus de biominéralisation à l'origine de la formation des perles de l'huître perlière de Tahiti a été décrit par un consortium de recher-

che animé par l'Ifremer. Dans ce projet ont été confrontées les influences respectives des huîtres donneuses de greffon d'une part, et greffées d'autre part, sur la qualité de la perle produite. Les brevets en cours attestent l'intérêt économique de ces résultats pour la perliculture polynésienne.

Des progrès considérables ont également été réalisés dans la compréhension des mécanismes de production de lipides par certaines algues. « Ceci aide à la sélection de microalgues capables de produire efficacement des



● Aquaculture de crevettes au Centre Ifremer du Pacifique (Tahiti)

lipides pour l'alimentation ou les biocarburants », explique Jean-Paul Cadoret, responsable de l'Unité Biotechnologies et Ressources Marines de l'Ifremer. Les chercheurs s'intéressent aussi aux exopolysaccharides (chaînes de glucides) relargués par des bactéries marines ; certains pourraient être utilisés dans le domaine des biomatériaux.

Enfin, la société Algenics – une start-up issue de l'Ifremer – propose aujourd'hui de produire des molécules pharmaceutiques à partir de microalgues. « Parallèlement, l'Institut participe à la création d'une filière de production par la découverte de nouvelles souches algales, à partir d'échantillons prélevés en Nouvelle-Calédonie, en collaboration avec les autorités locales », ajoute Jean-Paul Cadoret.

## L'IFREMER EN CHIFFRES

- Créé en 1984
- 1 500 salariés
- 26 implantations sur tout le littoral métropolitain et outre-mer
- 211 millions d'euros de budget annuel
- 8 navires dont 4 hauturiers
- 2 véhicules sous-marins autonomes (AUVs)
- 1 submersible habité
- 1 robot télé-opéré pour grandes profondeurs (jusqu'à 6 000 m de fond)
- 3 bassins d'essai pour tester des engins (Brest, Boulogne-sur-Mer et Lorient).

## Eclairer la décision publique

Grâce à une vision intégrée de la qualité environnementale en appui aux politiques publiques, l'Ifremer a accompagné la mise en œuvre des directives environnementales marines. « L'Ifremer participe à la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau adoptée en 2000, et a été particulièrement moteur dans le cadre de la déclinaison française de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, 2008), en développant des recherches et en élaborant des indicateurs d'état écologique des milieux marins (voir p.68) », indique François Galgani du Laboratoire Environnement Ressources Provence-Azur-Corse.

L'Ifremer a également été facilitateur en proposant de fonder la surveillance associée sur une partie de ses réseaux d'observation. « Dans le cadre du projet MYTILOS, l'évaluation de la contamination chimique des eaux côtières de Méditerranée, en exploitant le mécanisme de bioaccumulation par les moules, en est un bel exemple », ajoute François Galgani. Plus récemment, l'Ifremer a proposé un indicateur de la pollution par les macro-déchets, notamment plastiques, sur la base de ses travaux pionniers reconnus au niveau mondial. ●

# Focus sur trois projets phares

# « De grands défis à relever »

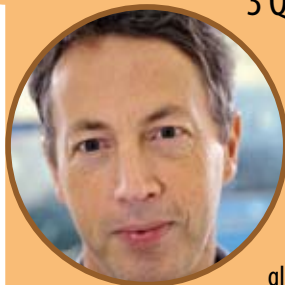
## ERIC « EURO-ARGO »

Renforcer l'observation des océans

1

3 Questions à  
Pierre-Yves Le Traon.

Coordinateur du projet  
à l'Ifremer.



### Qu'est-ce que l'ERIC Euro-Argo ?

C'est l'infrastructure de recherche européenne pour l'observation globale des océans, inaugurée le 17 juillet 2014 à Bruxelles. Elle regroupe

déjà neuf pays fondateurs, dont la France qui hébergera son siège au Centre Ifremer Bretagne (Brest) jusqu'en 2019. Son objectif est d'optimiser, de pérenniser et de renforcer la contribution européenne au réseau Argo.

### A quoi sert ce réseau ?

Argo, c'est un réseau de plus de 3 000 flotteurs qui mesurent en temps réel la salinité et la température des océans, jusqu'à 2 000 m de fond. Les données qu'ils fournissent ont déjà permis des avancées majeures dans l'étude de nombreux phénomènes qui influent sur l'évolution des océans et du climat.

### Quelles sont les évolutions en cours ?

Aujourd'hui, les deux principaux objectifs sont de pérenniser le réseau et de l'étendre : aux zones polaires, aux paramètres biogéochimiques... et aux plus grandes profondeurs pour suivre les masses d'eau profondes qui jouent un rôle-clé dans l'étude du changement climatique.

## DCSMM

La Directive Cadre Stratégie  
pour le Milieu Marin

2

La DCSMM vise l'atteinte du bon état écologique à l'horizon 2020, en privilégiant une approche écosystémique. « Une mer saine, propre et productive, un bon fonctionnement des écosystèmes marins et un usage durable des biens et services associés : tels sont les objectifs ambitieux à atteindre pour chacune des quatre sous-régions marines métropolitaines », précise Patrick Camus, ancien responsable du projet DCSMM à l'Ifremer.

L'Ifremer a coordonné une grande partie de l'évaluation initiale, puis des travaux pour définir le « bon état écologique ». « Les équipes de l'Ifremer travaillent actuellement avec l'Agence des aires marines protégées sur l'élaboration d'un programme de surveillance qui doit être opérationnel à la fin de cette année pour les quatre sous-régions marines », ajoute Jean-Paul Lecomte, actuel chef de projet, pour la mise en œuvre de la DCSMM. En 2015/2016, un programme de mesures sera élaboré puis déployé pour atteindre (ou conserver) ce bon état écologique.

Démarrée en janvier 2014, cette campagne a duré 33 jours à bord du navire océanographique *Pourquoi Pas ?*, au niveau de la ride Médio-Atlantique. Objectifs : caractériser les sites et les habitats, décrire la biodiversité, la dispersion des larves... et étudier l'écophysologie des espèces.

### Comment avez-vous procédé ?

Sur chacun des sites explorés, nous avons effectué six plongées d'une trentaine d'heures avec notre robot télé-opéré *Victor 6000*, jusqu'à 3 700 m de fond. Les aquariums sous pression embarqués grâce aux chercheurs de l'UMPC ont également permis d'étudier des animaux à la surface, dans leurs conditions d'origine!



3 Questions à Marie-Anne Cambon-Bonavita

Chercheuse au Laboratoire de Microbiologie des Environnements Extrêmes (Centre Ifremer Bretagne).

### Quel est l'objectif de MIDAS ?

Lancé fin 2013, ce projet européen étudie l'impact environnemental de l'extraction des minerais et hydrates de gaz des grands fonds : impact sur la biodiversité, effets potentiels des panaches de particules générés dans la colonne d'eau, conséquences des produits chimiques utilisés, etc.

**Vous avez dirigé la campagne BICOSE. En quoi a-t-elle consisté ?**

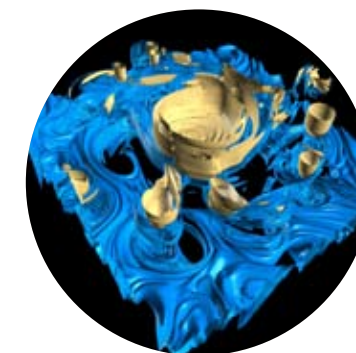
Entretien avec Marie-Hélène Tusseau-Vuillemin,  
Directrice scientifique de l'Ifremer

### Comment résumer l'activité de l'Ifremer en 2014 ?

**M-HT.V :** Aujourd'hui, l'Ifremer produit des connaissances scientifiques et du savoir-faire à valeur économique, en appui à un usage durable des biens et des services écosystémiques marins. Et cela, dans un contexte de changement « global » : climatique bien sûr, mais aussi lié à la pression croissante des activités humaines sur les océans. L'océan absorbe actuellement l'essentiel du réchauffement de la planète. Dans les années qui viennent, nous chercherons à comprendre les différents modes de redistribution de l'énergie en son sein. En effet, l'augmentation récente de la puissance des moyens de calcul, combinée à une précision décuplée de l'observation spatiale révolutionne depuis peu la compréhension de la physique des océans et révèle l'importance de phénomènes dynamiques à l'échelle de quelques kilomètres seulement.

### Ce changement global, c'est aussi une demande mondiale croissante de ressources marines : aliments, molécules thérapeutiques, minerais, etc. Comment y faire face ?

La durabilité de l'usage des richesses de l'océan est au cœur de nos questionnements. Ces dernières années, avec le changement de paradigme de la recherche sur le vivant, c'est l'accès, par des méthodes moléculaires, à l'identité et au fonctionnement des organismes (bactéries, algues, mollusques, poissons...). Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives en écologie évolutive, qui éclairent la façon dont les individus, les communautés et les écosystèmes évoluent en réponse à leur environnement et aux pressions exercées par l'homme. Les



● Tourbillon d'eau méditerranéenne dans l'Atlantique Nord Est. Représentation issue d'une simulation numérique haute résolution de la vorticité potentielle du tourbillon.

retombées de ces nouvelles connaissances font progresser vers la durabilité les pratiques d'aquaculture, de pêche et d'exploitation future de ressources minérales. Elles concernent aussi les biotechnologies, comme la production de molécules thérapeutiques. Demain, nous comprendrons mieux, également,

comment les micro-organismes marins communiquent entre eux, connaissance que nous saurons exploiter pour freiner certaines épizooties ou mettre en culture des bactéries jusqu'ici inconnues, afin de leur faire produire des molécules d'intérêt.

### Tous ces défis nécessitent donc le développement de technologies toujours plus sophistiquées...

Oui, car l'océan reste immense et difficile d'accès. Les grands fonds recèlent de richesses énergétiques, minérales et biologiques mais il est encore prématuré de se prononcer sur leur potentiel d'exploitation car nos connaissances restent parcellaires. Les campagnes d'exploration mobilisent un petit nombre d'engins sous-marins de haute technologie télé-opérés à très grande profondeur depuis le navire (6 000 m pour le *Victor*). La généralisation de l'observation distribuée et continue, grâce à la densification des réseaux, à la miniaturisation des capteurs, est un enjeu majeur. Nous l'accompagnons d'ailleurs en travaillant sur les méthodes mathématiques de fouille de données massives (Big Data).

### En matière d'infrastructures, l'Ifremer est surtout connu pour sa flotte de navires scientifiques. Quelle place occupe-t-elle ?

L'Ifremer possède quatre des cinq navires hauturiers nationaux, trois des cinq navires côtiers et la totalité des engins sous-marins et des équipements lourds, qui sont opérés pour l'ensemble de la communauté scientifique. Mais n'oublions pas les flotteurs Argo, les observatoires des grands fonds, les plate-formes expérimentales aquacoles, les bassins d'essais et tout le dispositif d'observation du milieu côtier!

Cahier réalisé avec le soutien de l'Ifremer.

Rédaction: Grégoire Bradier. Conception graphique et réalisation: Carta-Link & Partners. Crédits photos: Ifremer.