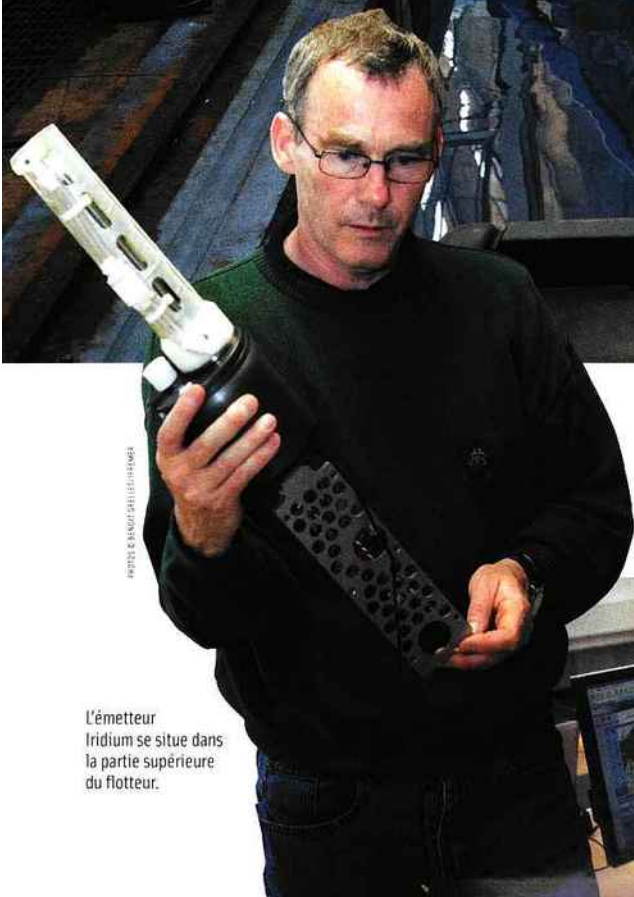


Le bassin d'essai permet d'effectuer des contrôles très poussés.



Les flotteurs sont surnommés « profilers de sub-surface ».



L'émetteur Iridium se situe dans la partie supérieure du flotteur.



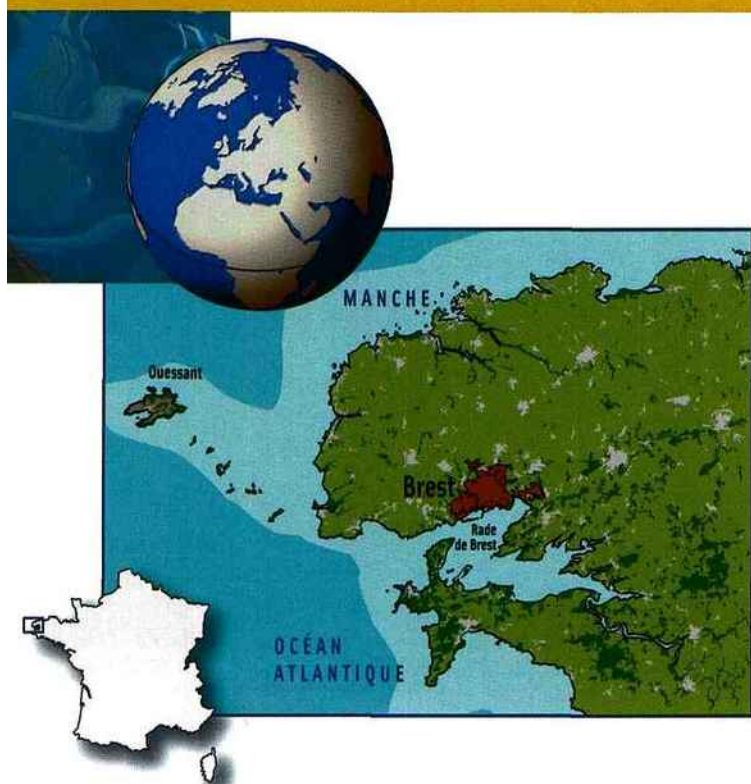
Les données recueillies sont consultables dans le monde entier.

# LES INFILTRÉS DES OCÉANS

*Expédition. Depuis cinq ans, le programme Argo, un projet novateur de coopération internationale, permet aux scientifiques d'enregistrer des données inédites sur la température et la salinité des océans. Son but ? Étudier en temps réel, grâce à 3 000 flotteurs, les effets du réchauffement climatique sur ces immenses masses d'eau qui absorbent 90 % du surplus de chaleur dû à l'effet de serre. Et dont notre survie dépend.*



Serge Le Reste, chef de projet au département Technologie des systèmes instrumentaux de l'Ifremer.

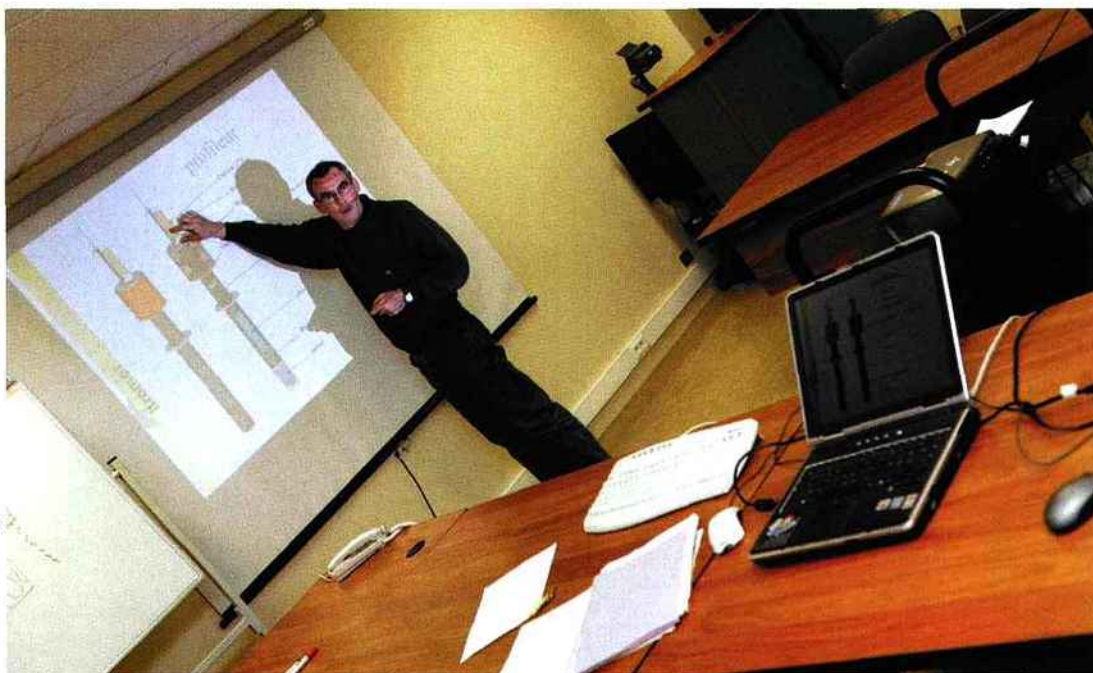


Si le regard des hommes s'est souvent tourné vers le ciel, les 71 % de la surface de la Terre occupés par les mers et les océans demeurent encore un mystère. Pourtant, les premières expéditions océanographiques ont commencé dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, et les décennies 1960 et 1970 ont vu les campagnes d'exploration se multiplier. Mais les données recueillies restent partielles. Pour pallier cette carence, des instruments d'un genre un peu particulier sont disséminés dans les eaux du globe depuis plus de cinq ans, dans le cadre d'un projet inédit de coopération internationale : le programme Argo, initié par la Commission océanographique internationale de l'Unesco et de l'Organisation météorologique mondiale. Il consiste à multiplier des flotteurs pour mesurer dans les océans la température et la salinité, afin de mieux connaître ces immenses masses d'eau et les changements qu'elles subissent avec le réchauffement climatique. Comme le souligne Sophie Pouliquen, responsable de Coriolis, la composante française du programme : « C'est une entreprise très novatrice. Pour la première fois, les résultats sont mis en commun et à disposition de toute la communauté scientifique. » Serge Le Reste, qui travaille comme chef de projet à l'élaboration des flotteurs français au centre de l'Ifremer de Brest, précise : « On les appelle, dans notre jargon, des profileurs de sub-surface, car ils savent ▶



Après sa construction, le prototype est testé dans un caisson hyperbar pour vérifier sa résistance à la pression.

PHOTOS © BENOÎT GUILLET/IFREMER



Plus léger et moins cher, le dernier né des profileurs, Arvor, présenté ci-contre, devrait être opérationnel en 2008.

► *s'immerger entre la surface et le fond.* » Et, en juin prochain, le déploiement du trois millièmes petit bijou de technologie achèvera la couverture globale envisagée. Grâce à cette opération d'envergure, pas un endroit entre 0 et 2000 m de profondeur n'échappera aux mesures effectuées par ces détectives des mers!

**Les tests avec les flotteurs ont commencé en 1999**  
Pour ce spécialiste, l'aventure a commencé en amont, avec la fabrication des profileurs. Les flotteurs utilisés sont des instruments autonomes munis de capteurs pour mesurer la salinité et la température. Ils sont mis à la mer à partir de bateaux. « Pour la campagne Argo, nous avons commencé à tester nos flotteurs en 1999. J'étais parti en mission sur l'Atalante [ndlr : un navire de recherche de l'Ifremer] et j'en ai profité pour vérifier que notre profileur mesurait avec une bonne précision les températures. » Afin de parvenir à un déploiement maximal, les navires de recherche sont naturellement sollicités. Mais pas seulement. Outre les avions, qui effectuent ►

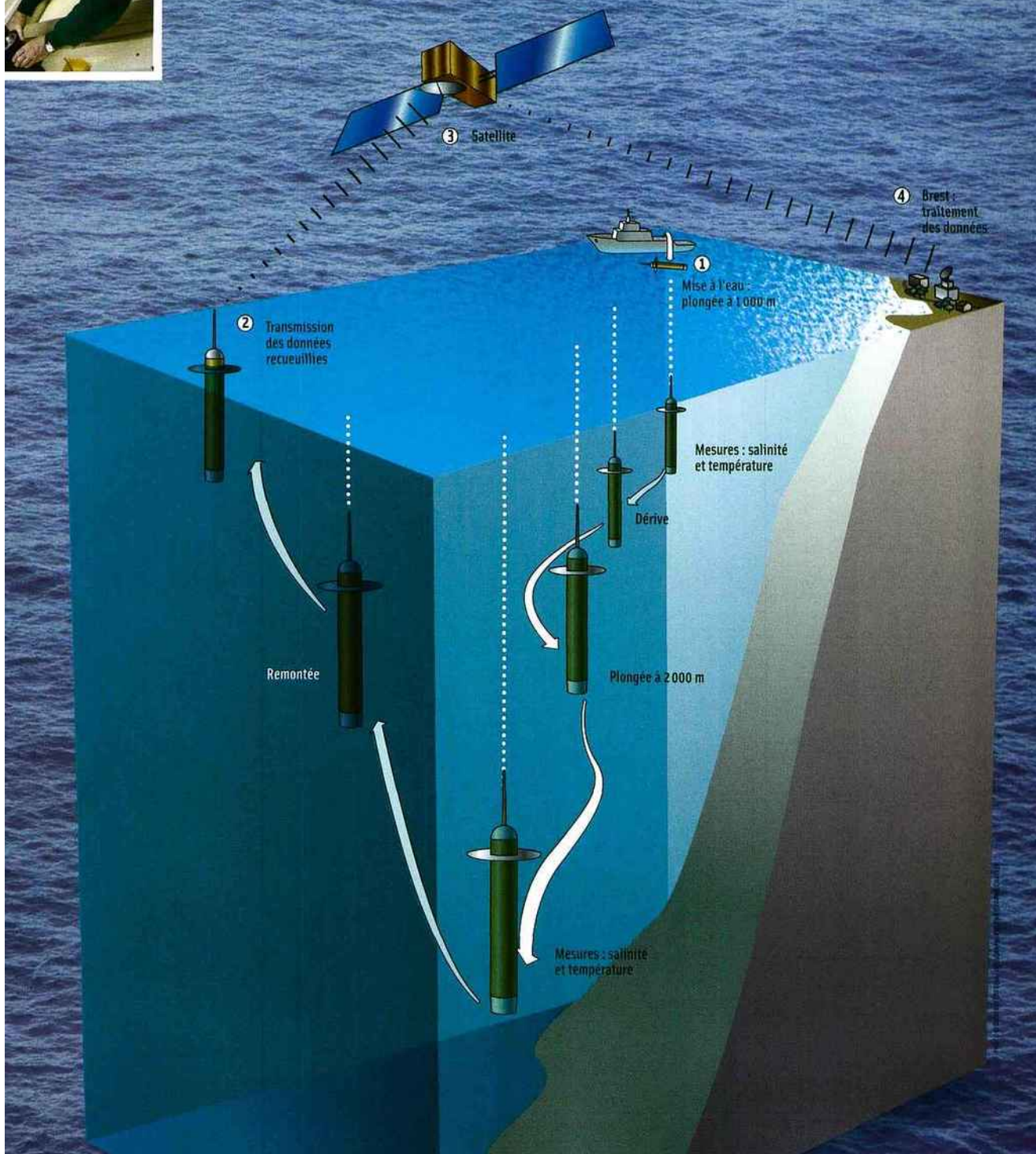
## LES PRÉVISIONS CLIMATIQUES SAISONNIÈRES

L'océan et l'atmosphère interagissent : on parle d'un système couplé. L'océan est le partenaire lent, puisque sa structure varie beaucoup moins vite que celle de l'atmosphère. De fait, il peut stocker la chaleur pendant longtemps et la restituer à l'atmosphère des mois, voire des années, après. Les mouvements des courants marins chauds et froids participent à la modification des basses couches de l'atmosphère en un endroit donné de l'océan. À long terme, on observe une influence sur l'ensemble de l'atmosphère. Pour réaliser des prévisions climatiques sur plusieurs mois, il est donc indispensable de fournir aux modèles informatiques des données issues des mesures de terrain. Quel est l'intérêt de telles prévisions, somme toute pas très précises ? Elles permettent, par exemple, d'anticiper les sécheresses et les invasions de criquets en Afrique et donc de prévoir la mise en place de l'aide alimentaire. Mais aussi de prévoir des phénomènes comme El Niño, qui a causé depuis 1997 des inondations désastreuses en Afrique et le long de la côte américaine du Pacifique, et entraîné de graves sécheresses et des feux de brousse en Indonésie et au Brésil.



## Le cycle d'un flotteur Argo

Une fois mis à l'eau, le « profileur de sub-surface » démarre sa mission : aussi longtemps qu'il est en état de fonctionner, il enchaîne des phases de plongée à 1 000 m de profondeur, suivies de remontées à la surface pour transmettre par satellite les données recueillies, suivant des cycles d'une durée de dix jours environ.

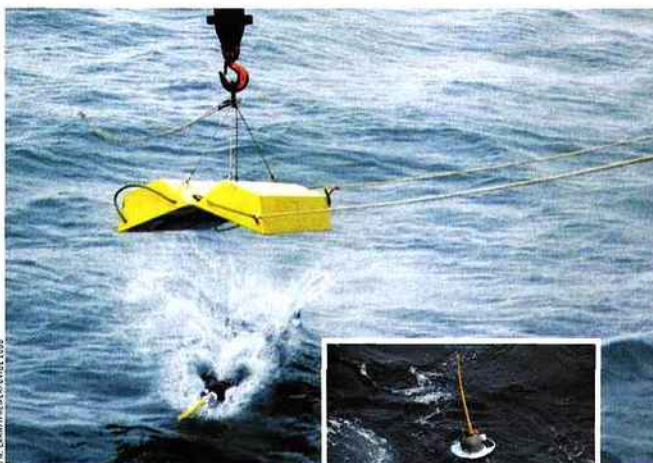




Chaque prototype est soumis à plusieurs tests de mise à l'eau.



Un caisson protège le flotteur lors de son largage en pleine mer.



Sauf accident, la durée de vie d'un flotteur est, en moyenne, de quatre ans.

## « Si les océans n'existaient pas, nous ne pourrions tout simplement pas vivre ! »

► exceptionnellement certains lâchages, des bateaux dits d'opportunité, parce que leur feuille de route correspond à des zones non équipées, sont mis à contribution. « J'ai embarqué sur un bateau de la compagnie Brittany Ferries entre Roscoff et Plymouth. Le but était de savoir si la vitesse à laquelle évoluait le navire était compatible avec une mise à l'eau de profileur », se souvient Serge Le Reste.

### Les effets du réchauffement climatique sur l'océan

Une fois le flotteur à la mer commence une série de cycles d'environ dix jours, composés d'une descente de six heures, d'une dérive pendant neuf jours, puis d'une remontée à la surface. De retour à l'air libre, le flotteur transmet les mesures enregistrées pendant sa plongée à un satellite (voir infographie). Elles sont ensuite envoyées dans un des deux centres mondiaux d'analyse, à Brest ou à Monterey, en Californie. Dans le centre français, elles sont décodées puis intégrées dans des modèles de construction de cartes géographiques de prévisions météorologiques et climatiques. Quelle est l'importance de telles données globales? Virginie Thierry, chercheuse en océanographie physique, qui étudie plus particulièrement le Gulf Stream, résume l'enjeu scientifique de ce programme qui s'ajoute aux prévisions saisonnières (voir encadré). « Jusqu'à présent, on avait une vision à un instant donné, celui de la mission. Grâce à Argo, on peut suivre les cycles de vie de la masse d'eau au cours de son trajet dans l'océan », explique-t-elle avec enthousiasme.

Pour les chercheurs, il s'agit de comprendre les effets du réchauffement climatique sur l'océan et comment celui-ci réagit. « Sur les cinquante dernières années, 90 % de la chaleur a été absorbée par les océans. Si le surplus dû à l'effet de serre n'avait pas été capté, la température sur terre serait très élevée. » Et Pierre-Yves Le Traon, responsable du programme Observatoire de l'océan, de poursuivre : « D'ailleurs, si les océans n'existaient pas, nous ne pourrions tout simplement pas vivre ! » Une augmentation de la salinité, suite à la fonte des glaces de mer, est déjà observée. On note



PHOTOS © BENOIT GRELLET/IFREMER



Un central téléphonique gère la réception de toutes les données.

Grâce aux informations communiquées par satellite, les chercheurs suivent le parcours des flotteurs sur Internet.

aussi une augmentation du volume des océans par dilatation thermique à cause du réchauffement de ses couches supérieures. En effet, la seule fonte des glaces n'est pas seule en cause dans la hausse du niveau des océans.

### Il faut constamment renouveler les profileurs

Alors, à long terme, que se passera-t-il? On ne sait pas encore. Prenons l'exemple du Gulf Stream. Ce courant se déplace d'une zone tropicale, la Floride, vers le nord de l'océan Atlantique en perdant de sa chaleur petit à petit dans l'atmosphère. Grâce à lui, les températures sont douces en France. À l'image d'un tapis roulant, les eaux de surface qui arrivent dans le Nord plongent en profondeur puis empruntent le chemin inverse vers les tropiques. Or, avec le réchauffement climatique, on observe à la fois une augmentation de la salinité et, avec la fonte des glaces continentales, un apport en eau douce. Ce dernier fait pourrait rendre plus difficile la plongée des eaux de surface si celles-ci devenaient trop légères. On assisterait alors à un ralentissement du Gulf Stream. Le programme international d'observation des océans apportera des mesures qui permettront de compléter notre connaissance de ce courant, si important pour la régulation de notre climat.

Le largage des flotteurs ne s'arrêtera certainement pas au trois millièmes : il faut constamment renouveler les engins perdus ou détruits malencontreusement par les bateaux. En moyenne, ce sont près de 850 flotteurs qui devront être mis à l'eau chaque année pour maintenir un parc constant de 3000 profileurs. « En Méditerranée, par exemple, il y a déjà des échouages. Il faut alors soit récupérer les flotteurs, ce qui n'est pas toujours facile diplomatiquement, soit les remplacer », ajoute Sylvie Pouliquen, dont les efforts aujourd'hui se concentrent sur la mobilisation des différents partenaires afin de trouver les financements pour pérenniser l'aventure.

Quant aux profileurs, ils sont toujours à même d'être améliorés par l'équipe de Serge Le Reste. « Le déploiement de flotteurs dans le golfe de Guinée s'est d'abord révélé problématique : ils ne coulaient pas car ils détectaient un faux échouage à 50 m de profondeur. Et ce, alors qu'ils étaient en pleine eau! » L'énigme percée – l'eau est relativement douce en surface et ensuite très rapidement dense –, l'équipe du département Technologie des systèmes instrumentaux a changé le protocole de descente. Bientôt, un nouveau flotteur plus petit et moins lourd, 20 kg contre les 35 actuels, donc transportable par une seule personne, viendra se joindre à l'arsenal déjà en circulation. ■

Marine Cygler

## LE RECOURS AUX ÉLÉPHANTS DE MER

Isolement géographique et conditions climatiques extrêmes font de l'océan Austral une zone où les données scientifiques manquent cruellement. En hiver, il est impossible d'obtenir des mesures grâce aux flotteurs Argo, qui ne peuvent briser la couche supérieure de la glace. C'est pourquoi, avec l'aide de Christophe Guinet, spécialiste des mammifères marins au CNRS, les profils sont obtenus grâce à une méthode originale qui peut prêter à sourire : le biologiste équipe des éléphants de mer quand ils reviennent à terre pour se reproduire et renouveler leur pelage. Passant près de 90 % de leur temps sous l'eau, ces excellents plongeurs, qui s'enfoncent jusqu'à 1 500 m, la balise munie de capteurs fixée sur leur tête, participent donc pleinement au programme international Argo.



© FREDERIC BAUDOUC/IFREMER