



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

FLOTTE
OCÉANOGRAPHIQUE
FRANÇAISE
PAR L'IFREMER



UNE ANNÉE DE SCIENCES
SUR LES MERS DU MONDE

2020



UNE ANNÉE DE SCIENCES
SUR LES MERS DU MONDE

2020

En couverture :
Membres de l'équipage et scientifiques à bord
du navire océanographique *Pourquoi pas ?*
au retour de la campagne Momarsat
© Ifremer / E. Lenglemetz

SOMMAIRE

6	ÉDITO	6	À l'honneur cette année, Nicolas Arnaud, directeur du CNRS-INSU
		7	François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer
9	2020 EN CHIFFRES		
12	SURMONTER LA CRISE SANITAIRE	13	Journal de bord d'une année hors norme
		14	Embarquer dans le contexte de la Covid-19
17	CARTES DES CAMPAGNES	19	Campagnes hauturières et outre-mer
		21	Campagnes côtières métropolitaines
22	EXPLORER LES OCÉANS POUR FAIRE PROGRESSER LA SCIENCE	23	Comprendre les écosystèmes profonds
		25	Cerner les processus régulateurs du climat
		28	Étudier la biodiversité marine
		30	Prévoir les aléas sous-marins
		32	Surveiller les populations halieutiques
35	UNE ORGANISATION AU SERVICE DE LA COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE MARINE	36	Interview croisée entre Olivier Lefort, directeur de la Flotte océanographique française, et Éric Derrien, directeur général de Genavir
38	ÉVOLUTION DES NAVIRES ET DES ENGINS	39	Renouvellement et modernisation à moyen terme de la Flotte océanographique française
		40	La Flotte océanographique française honorée par le label Green Marine Europe
42	DÉVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES ET NUMÉRIQUES	43	Odyssée des grands fonds
		44	Au cœur de la stratégie de modernisation des submersibles
		45	La cartographie d'herbiers: une nouvelle utilisation des acquisitions acoustiques
47	LISTE DES CAMPAGNES		

« Écumer les océans, même les plus tumultueux, pour permettre à nos scientifiques de les observer et d'en comprendre le rôle dans la séquestration de carbone et le changement climatique, observer le fond calme des mers et les volcans sous-marins en train d'y naître, traquer la vie à toutes les échelles et son rôle dans la biogéochimie et la qualité des mers du globe ou encore emmener nos chercheurs et chercheuses mouiller les instruments de leur recherche..., c'est tout ceci que permet la Flotte océanographique française. Navires, engins et instruments embarqués, professionnalisme des équipages offrent à la communauté scientifique l'accès à un outil de recherche océanographique que le monde nous envie. »



Nicolas Arnaud

Directeur du CNRS-INSU

© CNRS-INSU / Cyril Fresillon

Inédite, l'année 2020 l'aura été à plusieurs titres pour la Flotte océanographique française, la plus emblématique des très grandes infrastructures nationales de recherche dans le domaine de l'environnement.



François Houllier, Président-directeur général de l'Ifremer © Ifremer / E. Lenglemez

La pandémie de Covid-19 a bien sûr eu un impact majeur sur l'activité de la Flotte. À la mi-mars 2020, les campagnes océanographiques en cours ont été interrompues et les navires rappelés au port. La Flotte océanographique française a cependant fait preuve de résilience en parvenant à organiser, en mai pendant le premier confinement, les campagnes Mayobs 13, puis en relançant très progressivement pendant l'été les autres campagnes, avec des mesures sanitaires strictes.

Au bout du compte, environ 40 % des campagnes prévues ont ainsi pu avoir lieu. Je tiens ici à remercier les personnels de la direction de la Flotte océanographique française et de Genavir, les personnels scientifiques des organismes de recherche et des universités qui ont embarqué et tous nos partenaires pour leur compréhension, leur engagement et leurs efforts.

Les effets de cette pandémie vont encore se faire sentir pendant quelques années, à la fois parce qu'elle n'est pas achevée et que les mesures sanitaires sont appelées à être maintenues durant encore de longs mois, et parce qu'il nous a fallu réorganiser la programmation des campagnes océanographiques.

2020 a aussi été la première année de la SAS Genavir, nouvelle filiale de l'Ifremer, qui a repris les activités du GIE Genavir et intégré les marins du CNRS qui travaillaient à bord des deux navires côtiers *Thetys* et *Côtes de la Manche* que le CNRS a transférés à l'Ifremer. Ensemble, l'Ifremer et Genavir ont obtenu en 2020 le label Green Marine Europe qui marque leur engagement en faveur d'une océanographie responsable et de la transition éco-énergétique du monde maritime qui se dessine.

Illustration de la créativité des équipes de la direction de la Flotte océanographique française et de leur résilience face à la pandémie, cette année a aussi été marquée par la conjonction de deux beaux projets technologiques : Coral et DeepSea'nnovation.

Initié en 2016, cofinancé par l'État, l'Europe et la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, et grâce au partenariat avec des entreprises, Coral (*Constructive Offshore Robotics Alliance*) s'est conclu avec le baptême d'Ulyx, le nouveau véhicule sous-marin autonome capable de plonger jusqu'à 6 000 mètres de profondeur ; les premiers essais ont eu lieu fin 2020, ils se poursuivront en 2021, pour une entrée en Flotte prévue en 2022. Ulyx comblera alors un "chaînon manquant" de la Flotte.

Élaboré durant le premier confinement, DeepSea'nnovation a été sélectionné dans le cadre du programme EquipEx+ des investissements d'avenir. Porté par l'Ifremer et impliquant des équipes de plusieurs autres établissements (CNRS, IPGP, universités...), il vise à compléter les équipements scientifiques des robots sous-marins téléopérés par des capteurs et échantillonneurs de haute qualité en soutien à une recherche de pointe dans les grands fonds.

Ces deux projets vont contribuer à maintenir l'excellence de la Flotte dont le plan de renouvellement et de modernisation a été adopté en octobre 2020 par le conseil d'administration de l'Ifremer. Élaboré depuis 2017, discuté avec l'État en 2019 et en 2020, ce plan fournit, tout à la fois, une cible et une trajectoire, pour le fonctionnement et les investissements de la Flotte océanographique française à l'horizon de 2030. C'est la première fois qu'elle est ainsi dotée d'une feuille de route ambitieuse et à long terme.

François Houllier

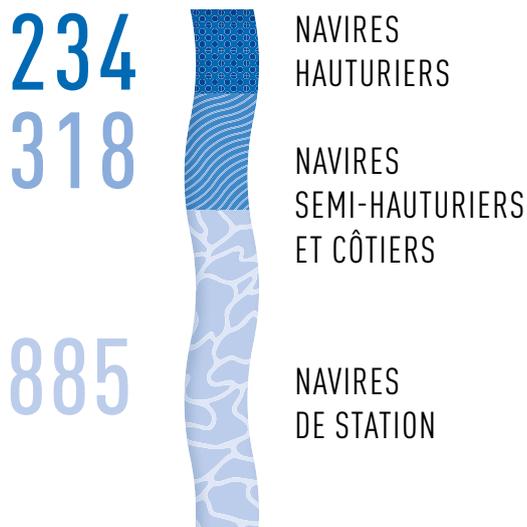
2020 en chiffres

Des abysses jusqu'à l'interaction océan-atmosphère, la Flotte océanographique française contribue à mieux répondre aux grands enjeux actuels en sciences et technologies marines.

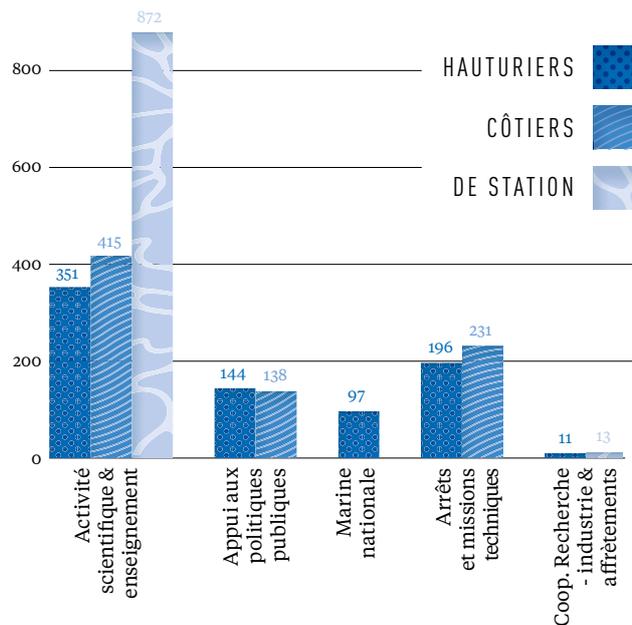
Elle sert les intérêts de la communauté scientifique française et européenne et contribue à l'excellence de la recherche fondamentale et appliquée. Elle répond à des besoins de surveillance ou à des missions de service public pour le compte de l'État, et ses équipes sont régulièrement sollicitées dans le cadre de partenariats avec le monde socio-économique.

2020 EN CHIFFRES

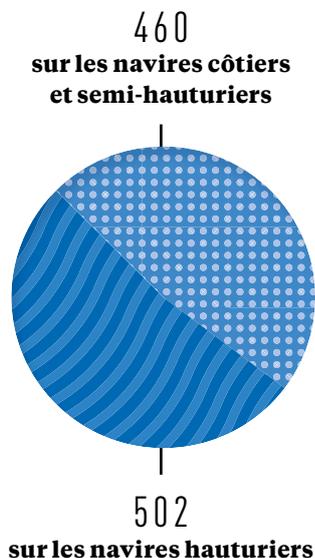
ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE NETTE EN JOURS



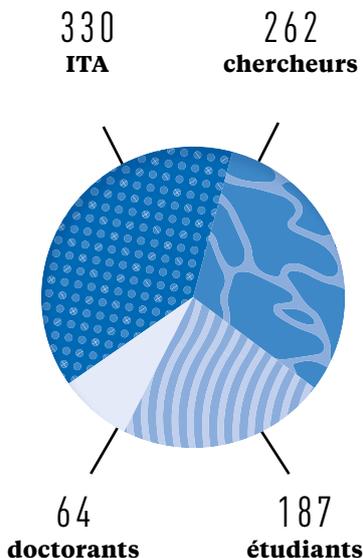
NOMBRE DE JOURS D'ACTIVITÉ



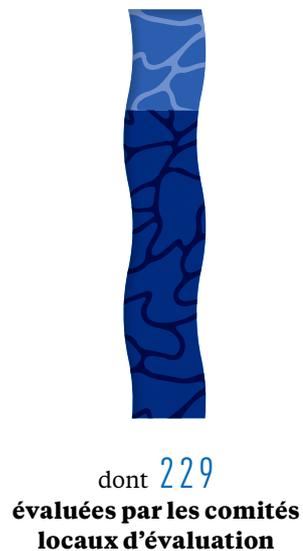
962
PERSONNELS EMBARQUÉS
(Y COMPRIS ÉQUIPES TECHNIQUES GENAVIR)



843 PERSONNELS EMBARQUÉS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE (ESR)

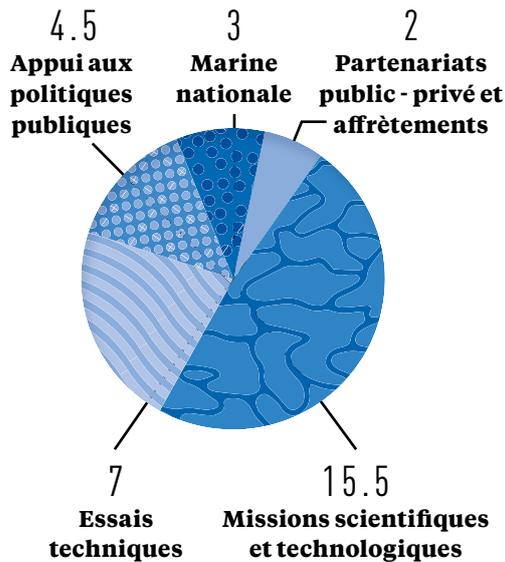


304 MISSIONS SUR LES NAVIRES DE STATION

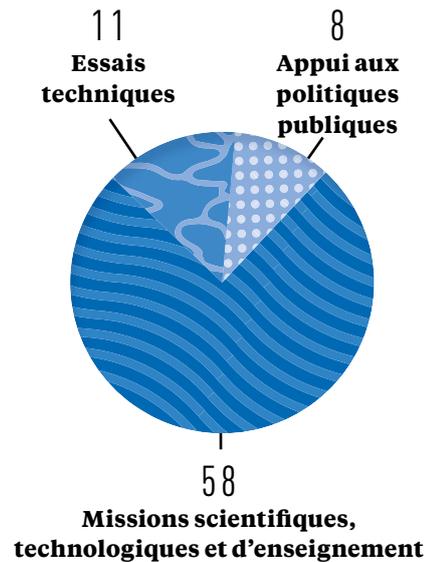


109 MISSIONS

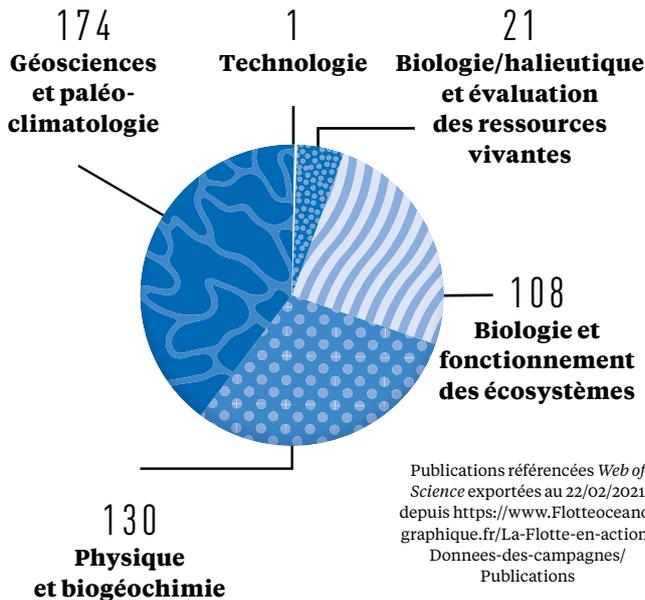
32 MISSIONS NAVIRES HAUTURIERS



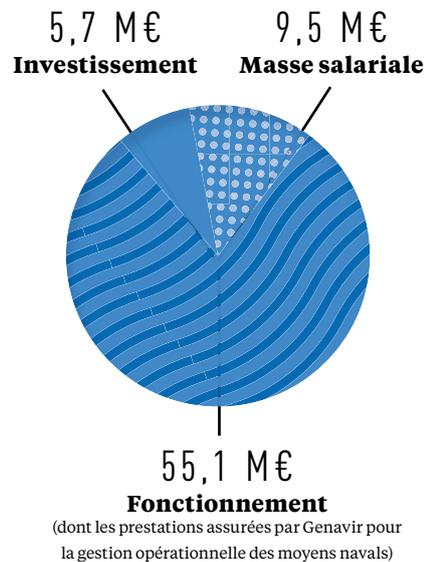
77 MISSIONS NAVIRES CÔTIERS ET SEMI-HAUTURIERS



434 PUBLICATIONS



70,3 M€ DE CRÉDITS DE PAIEMENT



Surmonter la crise sanitaire

Pour la Flotte océanographique française opérée par l'Ifremer, l'année 2020 a été très mouvementée. Le confinement décrété en mars par le gouvernement s'est traduit par un retour au port et une immobilisation des navires de la Flotte, hauturière, côtière, et de station, qui a duré plusieurs mois et entraîné l'arrêt des campagnes scientifiques. À partir de mai, très progressivement pour la Flotte de station, puis au cours de l'été pour les autres navires, la mise en œuvre d'un protocole sanitaire destiné à protéger les équipages et les scientifiques, associée à la reprogrammation des campagnes, a permis de rétablir progressivement l'activité.

Grâce à la réactivité et à l'engagement des équipes de Genavir, de la division technique du CNRS-INSU et de la direction de la Flotte océanographique française, ainsi qu'à la mobilisation du comité directeur de la Flotte qui s'est réuni 10 fois en 2020, dont 6 à titre exceptionnel, les désordres engendrés par cette crise ont pu être limités et 40 % des objectifs de programmation initiaux de l'année ont été tenus.

JOURNAL DE BORD D'UNE ANNÉE HORS NORME

Retour sur cette année 2020 riche en rebondissements au cours de laquelle la gestion de la Flotte océanographique française s'est avérée particulièrement délicate.

JANVIER-FÉVRIER : UNE PROGRAMMATION INITIALE AMBITIEUSE

En ce début d'année 2020, le programme est ambitieux, à l'image des objectifs scientifiques visés. Les navires océanographiques se déploient en effet sur de nombreux points du globe. *L'Atalante* retourne sur l'arc antillais afin d'y réaliser une mission d'envergure internationale Eurec4A pour observer et mieux comprendre les interactions océan-atmosphère dans le contexte du réchauffement climatique, avant de retourner dans le Pacifique pour une autre mission internationale, Hiper. *Le Marion Dufresne* concilie sa mission annuelle OBS Austral (programmes Oiso, OHA-SIS-BIO et Nivmer) avec la campagne de carottage Acclimate 2. Après un arrêt technique, *le Pourquoi pas ?* rejoint la Méditerranée centrale pour la mission Perle 3 qui se concentre sur la dispersion des eaux levantines intermédiaires et l'évolution de leurs caractéristiques physiques et biogéochimiques. *Le Thalassa* et les navires côtiers reprennent eux aussi la mer pour un programme chargé, après l'arrêt technique du *Téthys 2*, du *Côtes de la Manche* et du *Thalia*. Les partenariats européens ne sont pas en reste : la mission Abric1 déploie le HROV Ariane à bord du navire de recherche espagnol *Sarmiento de Gamboa*.

16 MARS : L'ARRÊT DES CAMPAGNES ET LE RETOUR AU PORT DE TOUS LES NAVIRES

Dès le mois de février, à la suite de la dégradation de la situation sanitaire internationale, la direction de la Flotte océanographique française et son opérateur Genavir décident de restreindre l'accès à certains pays pour privilégier les ports français, quitte à allonger les temps de transit des équipes scientifiques embarquées. Le 16 mars, à la suite de l'annonce du confinement, les navires sont immédiatement rappelés à quai en France afin de préserver la santé de tous les personnels marins, scientifiques et opérationnels embarqués. Les missions sont interrompues et les retours organisés. Les navires côtiers et de station désarment et les navires hauturiers font route directement vers la métropole.

Le Pourquoi pas ?, qui naviguait vers la Grèce dans le cadre de la mission Perle 3, arrive à Toulon le 19 mars. *Le Thalassa* qui terminait sa mission annuelle Pirata FR30 rejoint Brest le 31 mars. *L'Atalante* arrive lui aussi à Brest le 14 avril, après le passage du Canal du Panama et la traversée de l'océan Atlantique.

MARS-JUILLET : LE DÉFI DE LA REPROGRAMMATION DES CAMPAGNES

La priorité de la direction de la Flotte océanographique française devient alors d'anticiper et préparer la reprise de ses opérations et de préserver un maximum d'activités scientifiques. Une reprise rapide est envisagée dès le mois de mai. Le pôle Opérations navales (PON) échafaude un nouveau calendrier en tentant de reprogrammer au mieux les missions impactées. Très vite, il s'avère néanmoins nécessaire de mettre en place des mesures sanitaires lourdes et de les inscrire dans la durée. La Flotte océanographique française déploie alors les protocoles mis en place par Genavir et Louis Dreyfus Austral Seas (LDAS) visant à préserver les navires de toute contamination. Tests PCR systématiques et confinement strict de deux semaines avant embarquement deviennent la nouvelle norme qu'adoptent avec un sérieux exemplaire tous les utilisateurs de la Flotte océanographique. En août, quelques missions hauturières peuvent reprendre, à l'instar de Momarsat, et Shoman au profit du Service hydrographique et océanographique de la marine (Shom). Les sorties à la journée sur les navires de station redémarrent également, selon un protocole strict mis en place par le CNRS.

AOÛT-DÉCEMBRE : EN MOYENNE PRÈS DE 40 % D'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE INITIALEMENT PRÉVUE A ÉTÉ RÉALISÉE EN 2020

Suivant de très près les évolutions de la situation sanitaire, Genavir adapte progressivement son protocole et ses modes de fonctionnement. Le confinement à domicile est adopté et le calage des tests PCR optimisé afin d'assouplir les conditions d'embarquement. Des aménagements sont aussi entrepris afin de rendre possible la reprise des missions côtières qui se déroulent généralement sur des navires exigus lors de courtes durées d'embarquement. Ces efforts collectifs couplés à de nombreux échanges avec les chefs de mission et d'infinis recalages du calendrier permettent finalement au pôle Opérations navales (PON) de reprogrammer environ 50 % de l'activité initialement validée en début d'année pour les navires hauturiers, et 35 % de celle des navires côtiers.

La priorité est alors donnée aux missions d'intérêt public comme l'halieutique et aux campagnes scientifiques les plus urgentes, liées à des récupérations de données et d'équipements.



ÉQUIPE SCIENTIFIQUE AU COURS DE LA CAMPAGNE OCÉANOGRAPHIQUE MAYOBS 15 DU RÉSEAU DE SURVEILLANCE VOLCANOLOGIQUE ET SISMOLOGIQUE DE MAYOTTE © Ifremer

Plusieurs missions sont ainsi effectuées : Momarsat et Focus X1 sur le *Pourquoi pas ?*, Hydromomar, CGFS et Evhoe sur le *Thalassa*, Tonga Recup sur l'*Alis*, Mayobs sur le *Marion Dufresne*. Profitant d'une disponibilité, le *Pourquoi pas ?* assure même la campagne Sealex, évaluée, validée et programmée en l'espace de deux semaines. Il rejoint ensuite l'océan Indien pour y réaliser à l'aube de 2021 une succession de missions d'envergure. Dans le même temps, pas moins de cinq navires entrent en arrêt technique pour être prêts à reprendre la mer dès le début d'année 2021.

Afin d'offrir aux scientifiques la possibilité de réaliser un maximum de leurs objectifs, la programmation a été planifiée jusque tard en fin d'année, en dépit des risques de mauvais temps. Certaines missions ont en effet dû être retenues à quai au dernier moment en raison des conditions météorologiques difficiles. Malgré cela, au regard du contexte, le bilan est plutôt positif avec près de 40 % de l'activité scientifique prévue accomplie en 2020.

EMBARQUER DANS LE CONTEXTE DE LA COVID-19

MISSION RESISTE : ADAPTABILITÉ ET FLEXIBILITÉ

INTERVIEW DE LAURE SIMPLET, INGÉNIEURE GÉOLOGUE, CARTOGRAPHIE ET RESSOURCES MINÉRALES DU PLATEAU CONTINENTAL, COORDINATRICE DES EXPERTISES ET AVIS ÉMIS PAR L'IFREMER DANS LE CADRE DU CODE MINIER, LABORATOIRE GÉODYNAMIQUE ET ENREGISTREMENT SÉDIMENTAIRE DE L'IFREMER



© Ifremer/O.Dugornay

QUELS SONT LES OBJECTIFS DE LA MISSION RESISTE ?

Son but est d'observer la capacité de restauration d'un site perturbé par une activité d'extraction de sable et de gravier en mer. Nous avons choisi celui du Pilier, au large de l'estuaire de la Loire, dont l'exploitation s'est arrêtée depuis peu (fin 2017). L'idée est de faire un suivi haute fréquence au printemps et à l'automne durant trois années consécutives puis dix ans après l'arrêt des travaux afin de mieux appréhender les mécanismes de résilience de l'écosystème après l'arrêt d'une pression anthropique.

QUE S'EST-IL PASSÉ AU MOMENT DU CONFINEMENT ?

Notre toute première campagne, qui était programmée au printemps 2020, a été annulée sans possibilité de la reprogrammer. Nous avons donc commencé par nous demander si cette suppression remettait en cause l'ensemble du programme. Après discussion avec les membres de l'équipe, nous avons estimé que nous pouvions atteindre nos objectifs scientifiques

sans cette première série de mesures, sous réserve que les autres campagnes puissent s'effectuer normalement.

LA CAMPAGNE D'OCTOBRE A-T-ELLE PU SE DÉROULER COMME PRÉVU ?

Elle a dû être remaniée. Tous les calendriers avaient été modifiés : un très gros travail, considérant toute la complexité liée aux missions prioritaires et régaliennes. En définitive, le navire sur lequel notre campagne devait être effectuée n'était pas disponible pour l'ensemble de notre programme. À la place, la direction de la Flotte océanographique nous a proposé d'effectuer les travaux sur deux navires différents, le *Thalia* pour la reconnaissance cartographique (acoustique) et l'*Antea* pour effectuer des mesures ponctuelles (carottages, prélèvements de faune benthique, mesures hydro-sédimentaires). Logiquement, nos opérations devaient se dérouler dans cet ordre, en commençant par un repérage grâce aux données acoustiques (bathymétrie et réflectivité fond de mer), mais nous avons dû inverser notre séquençage pour nous adapter à la disponibilité des navires. Heureusement, l'entreprise qui exploitait le site d'extraction de gravier nous a fourni des données (modèle numérique de terrain bathymétrique, mosaïque d'imagerie acoustique) ce qui nous a permis de prévoir et réaliser nos mesures ciblées avant d'effectuer nos propres relevés acoustiques.

CE CONTEXTE SANITAIRE PARTICULIER A-T-IL PROVOQUÉ D'AUTRES BOULEVERSEMENTS ?

Avec ce changement de programmation, nous avons dû repenser certains aspects de notre organisation. Il a fallu par exemple révéifier, en fonction du calendrier des marées, que les créneaux proposés étaient compatibles avec notre programme d'acquisition. Pour ne pas perdre trop de temps à cause des accès au port ou d'une mauvaise météo, nous nous sommes aussi assurés de pouvoir rester plus longtemps en mer si nécessaire et continuer ainsi nos mesures. La Flotte océanographique nous a offert cette opportunité en mettant à disposition un marin supplémentaire sur le *Thalia*, même si cela ne figurait pas dans la demande initiale. Tout le monde a vraiment fait preuve d'une grande adaptabilité et de beaucoup de flexibilité pour faire face aux contraintes imposées par cette reprise d'activité dans le contexte de la Covid.

COMMENT AVEZ-VOUS GÉRÉ LE PROTOCOLE SANITAIRE ET LES MESURES BARRIÈRES ?

Là aussi, nous nous sommes adaptés. En octobre, il y avait plusieurs options en perspective. Soit faire des campagnes à la journée et s'enfermer dans un hôtel le soir. Soit effectuer un confinement préalable de quelques jours en restant ensuite à bord, sachant que des confinements préalables à l'embarquement sont difficilement acceptables pour les équipes pour des missions comme les nôtres où les sorties en mer peuvent être relativement courtes. Finalement, les missions ont pu se dérouler dans des conditions quasi normales en fournissant des résultats négatifs à des tests PCR réalisés 4 jours maximum avant embarquement. Les tests PCR obligatoires n'étaient pas non plus toujours faciles à gérer. Plus d'une fois, nous avons attendu avec impatience les résultats d'un membre de l'équipe pour pouvoir appareiller. Bien évidemment, à bord, nous respectons le port du masque, le nettoyage régulier des mains et les autres mesures barrières désormais « classiques ».

CETTE CAMPAGNE A-T-ELLE ÉTÉ FINALEMENT SATISFAISANTE ?

La partie dédiée à la dynamique hydro-sédimentaire a dû faire face à la perte de matériel et réadapter très rapidement sa stratégie d'acquisition. Mais nous avons réussi à acquérir 100 % des résultats escomptés pour la partie géosciences et grâce à une journée de travail particulièrement intense, nous avons pu compenser des problèmes de météo et atteindre aussi 80 à 90 % de nos objectifs en biologie. Donc, globalement, nous sommes très satisfaits. C'était une année où il fallait vraiment s'adapter au jour le jour et prendre les décisions en fonction des évolutions. Je pense que la réussite de notre campagne tient au dialogue que nous avons maintenu au sein de l'équipe et avec la direction de la Flotte et surtout à la flexibilité dont chacun a fait preuve. Les équipages étaient très conscients de nos inquiétudes par rapport à nos objectifs. Ils ont accepté de travailler un peu plus et de modifier leur planning pour pallier les soucis rencontrés.

L'ARRÊT DE LA CAMPAGNE HIPER

INTERVIEW DU CAPITAINE GILLES FERRAND



© Genavir

COMMENT SE DÉROULAIT LA MISSION HIPER LORSQUE LE CONFINEMENT A ÉTÉ DÉCLARÉ ?

Hiper est une très grosse campagne visant à étudier les effets du séisme de Pedernales survenu en 2016 en Équateur. Elle mobilise des moyens lourds : 200 tonnes de matériel, une équipe scientifique internationale (Allemands, Français, Italiens). Pour nous, cela signifie la mise en œuvre de très nombreux appareils et donc un travail assez intense. Quand le confinement a été annoncé, le matériel avait été déployé et les mesures commençaient. Le temps était beau, les conditions idéales. Peu après la déclaration du gouvernement, le Président-directeur général de l'Ifremer François Houllier nous a annoncé que les missions étaient arrêtées et que les navires devaient rentrer en France. Étant donné les moyens mobilisés et le temps passé à monter la campagne Hiper, nous avons été un peu surpris. Pour la responsable de mission, c'était une énorme déception, car seule une petite partie des mesures avait pu être effectuée.

QUELLES DÉCISIONS AVEZ-VOUS PRISES AVANT D'APPAREILLER POUR REJOINDRE PANAMA ?

Il n'était pas question de laisser les quarante sismomètres de fond de mer que nous avons déjà installés. Nous avons donc consacré quatre journées à les récupérer avant de faire route vers Panama. Le moral n'était pas au beau fixe. En plus de l'interruption de la mission, une partie du personnel s'inquiétait pour ses proches et certains craignaient même la fermeture du canal, ce qui n'arrive jamais. En revanche, l'empreinte de la pandémie était cette

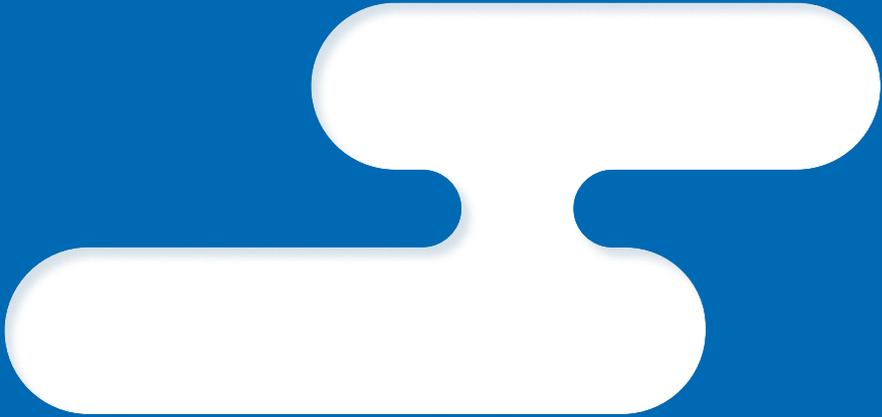
fois-ci bien visible : le pilote et l'équipe de lamaneurs qui sont montés à bord pour effectuer les manœuvres lors de la traversée du canal étaient tous équipés de masques, de gants et de visières. Nous avons nous-mêmes puisé dans le stock de masques du bord, un reliquat datant de la grippe aviaire, et aménagé des circulations pour éviter les contacts. Nous avons pu nous ravitailler au mouillage en carburant et en produits frais, puis nous avons mis le cap sur la France.

COMMENT S'EST DÉROULÉE LA TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE ?

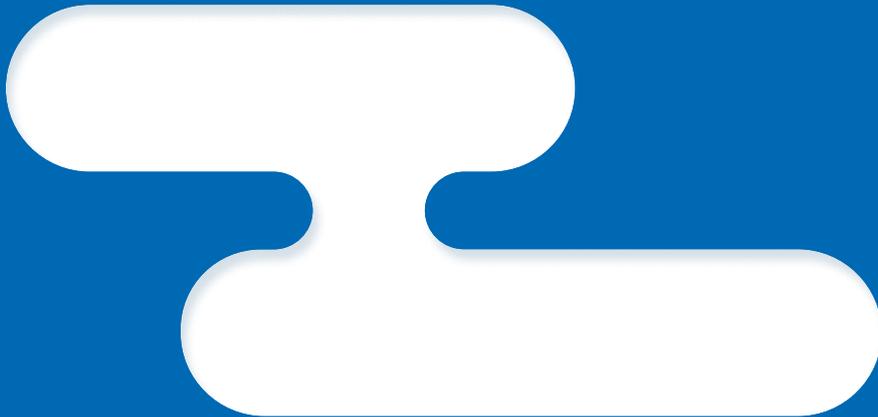
Pendant la première semaine, nous sommes restés prudents, car malgré nos précautions le virus aurait pu monter à bord. Comme nous croisions à proximité des Antilles françaises, c'était pour moi un plan B. La possibilité de débarquer un malade en cas de nécessité. Heureusement, cela n'a pas été nécessaire. Ensuite, la traversée de l'Atlantique a commencé. C'était un peu étrange, car nous ne sommes pas habitués à avoir des scientifiques à bord pour cette partie du voyage. Ils ont réagi de manière très pragmatique. Profitant des moyens informatiques du bord et de la connexion satellite, chacun a téléchargé les données dont il avait besoin pour travailler. Nous sommes passés au sud des Açores pour éviter une dépression. Finalement, le 5 avril, lundi de Pâques, nous sommes arrivés en vue de Brest. Le lendemain, nous avons commencé à débarquer le personnel et le matériel, en aidant certains chercheurs allemands et italiens à trouver un moyen pour rentrer chez eux, les transports étant devenus très compliqués en France.

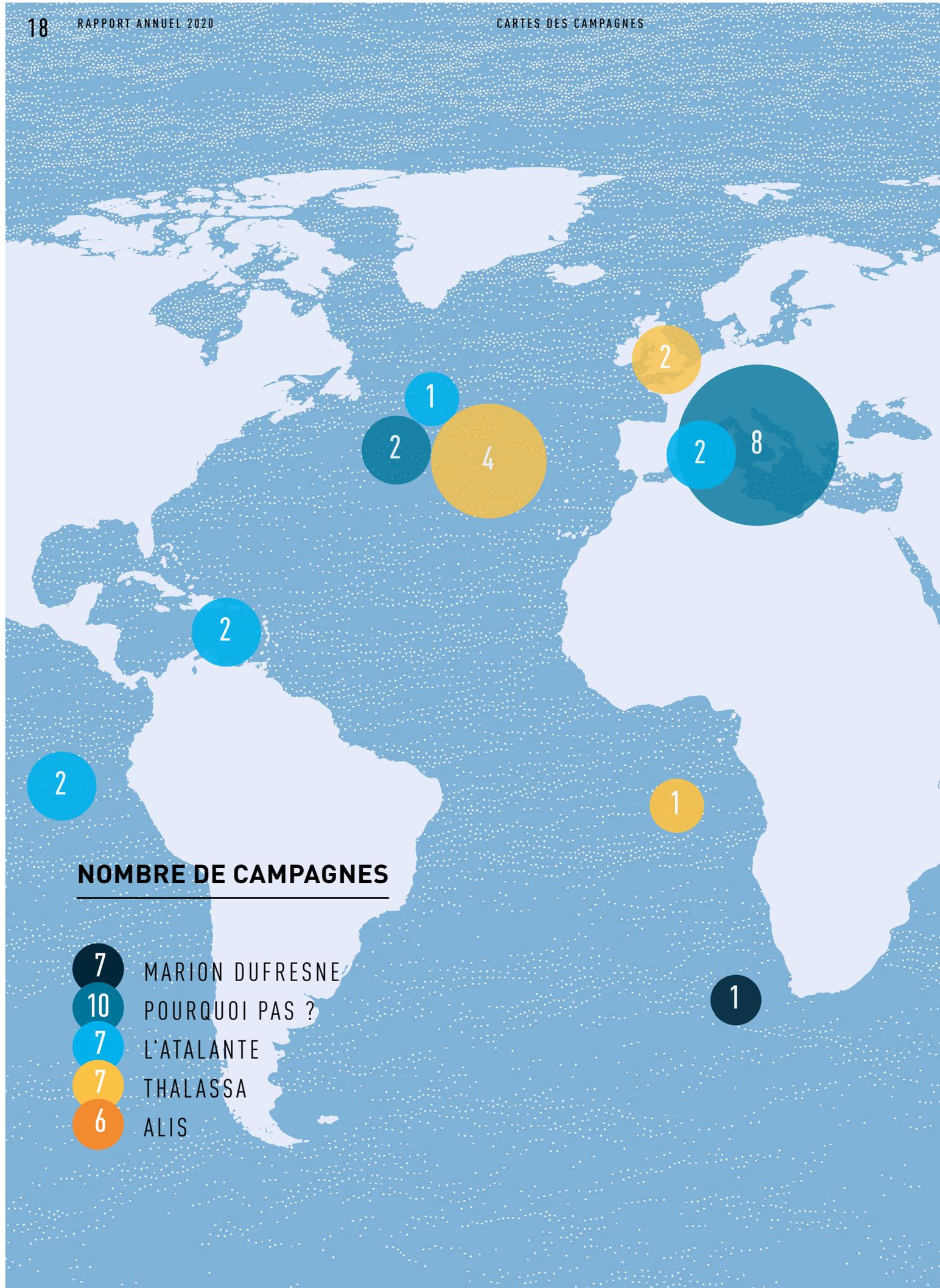
QUELS ONT ÉTÉ LES CHANGEMENTS MAJEURS, NOTAMMENT LORS DE LA REPRISE DE L'ACTIVITÉ ?

Nous avons immédiatement instauré des règles de protection. Pour les changements d'équipage par exemple, les marins ne se croisent plus. Les consignes sont transmises par écrit et complétées par des échanges téléphoniques. Ensuite, Genavir a mis en place un protocole d'embarquement comprenant une période de confinement et deux tests PCR préalables. À bord, les gestes barrières sont maintenus pendant une semaine : si personne n'est malade, le bateau est déclaré Covid-free et les masques peuvent être retirés. Désormais, nous avons aussi l'obligation de n'embarquer les équipes scientifiques que dans des ports français, ce qui rallonge parfois le temps qu'ils doivent passer à bord. Nous avons été les premiers à repartir en août avec *L'Atalante*. En respectant ce protocole, nous pouvons de nouveau sillonner les mers du globe en assurant les missions scientifiques reprogrammées. Nous nous adaptons en permanence.



**Cartes
des
campagnes**





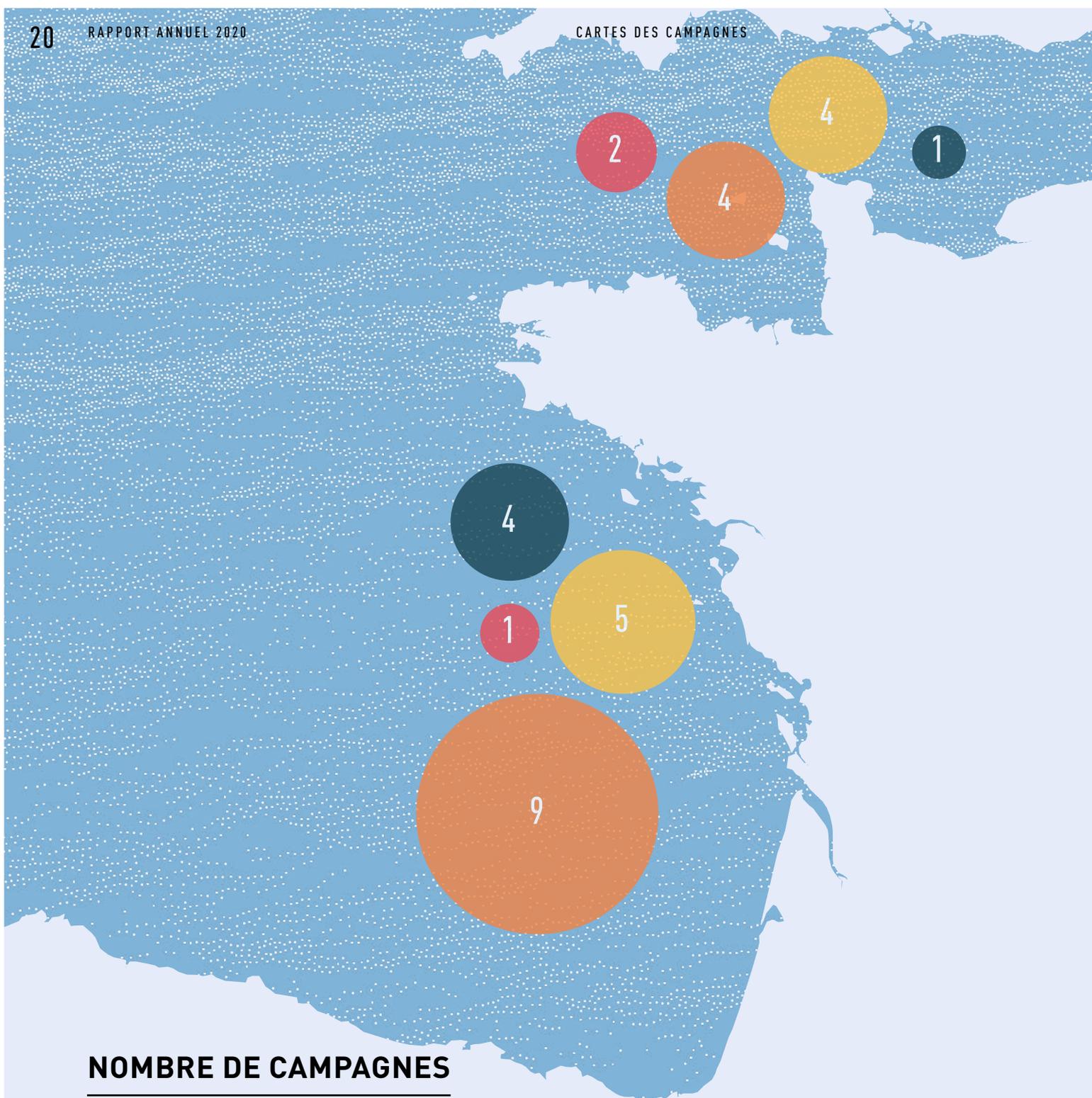
NOMBRE DE CAMPAGNES

- 7 MARION DUFRESNE
- 10 POURQUOI PAS ?
- 7 L'ATALANTE
- 7 THALASSA
- 6 ALIS

Campagnes hauturières et outre-mer

6

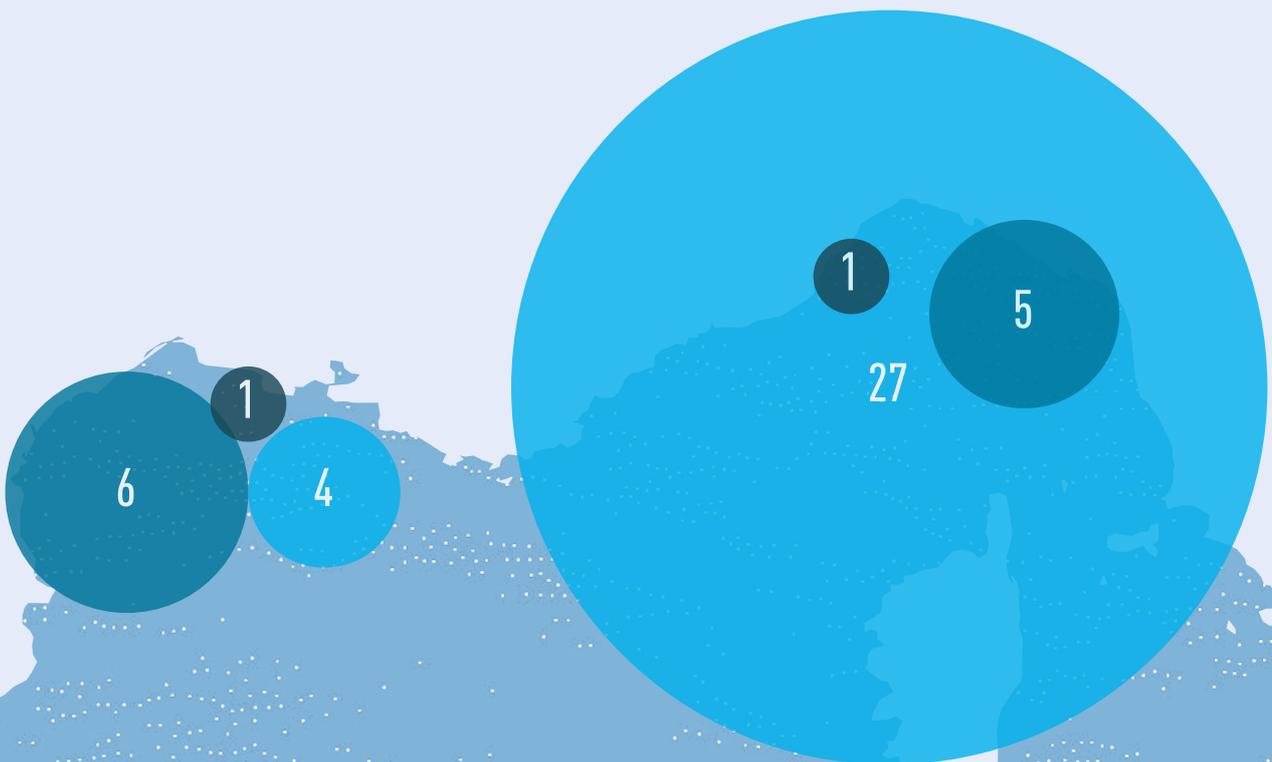
6



NOMBRE DE CAMPAGNES

7	ANTÉA
11	L'EUROPE
31	TETHYS
9	THALIA
13	CÔTES DE LA MANCHE
3	HALIOTIS

Campagnes côtières de l'hexagone



**Explorer
les océans
pour faire
progresser
la
science**

COMPRENDRE LES ÉCOSYSTÈMES PROFONDS

LES 10 ANS DES CAMPAGNES MOMARSAT

INTERVIEW DE PIERRE-MARIE SARRADIN, RESPONSABLE DE L'UNITÉ ÉTUDES DES ÉCOSYSTÈMES PROFONDS À L'IFREMER, RESPONSABLE OU CO-RESPONSABLE DE LA PLUPART DES CAMPAGNES MOMARSAT



© Ifremer

COMMENT CETTE AVENTURE A-T-ELLE COMMENCÉ ?

L'idée a émergé en 1998. Il y avait alors dans la communauté scientifique internationale une appétence pour dépasser les campagnes à la mer qui ne durent que deux ou trois semaines par an et ne procurent qu'une vision très partielle du fonctionnement d'un écosystème. À cette époque, les progrès technologiques nous permettaient d'envisager le déploiement d'une infrastructure pérenne, capable de réaliser des mesures en continu. Il nous a fallu une dizaine d'années pour monter un tel projet et le faire accepter. En 2010, nous avons installé un observatoire de fond de mer autonome sur le champ hydrothermal Lucky Strike, au large des Açores, à 1 700 mètres de fond. C'était la première campagne Momarsat.

Notre observatoire se compose de deux stations déployées sur et autour d'un lac de lave fossile. L'une s'intéresse à des problématiques de sismologie et de géodésie, à la déformation du plancher océanique. La seconde nous permet d'observer une grande cheminée hydrothermale, colonisée par une faune abondante, que nous suivons depuis la découverte du site en 1994.

Grâce à cette infrastructure, baptisée EMSO-Açores, nous étudions les liens entre biosphère, hydrosphère et géosphère, nous gagnons une meilleure compréhension de la circulation hydrothermale et de son incidence sur les communautés de ce champ.

QUEL EST LE RÔLE DES CAMPAGNES MOMARSAT ?

Ce sont avant tout des campagnes de maintenance annuelle. Nous remontons à la surface la grande majorité des équipements. Nous changeons les modules d'énergie, procédons au nettoyage, au recalibrage ou au remplacement des capteurs. Nous récupérons également l'ensemble des données, car même si l'observatoire dispose d'un système de transmission satellite, toutes les informations ne peuvent être remontées à la surface depuis le fond.

Nous profitons aussi des campagnes pour continuer à explorer le site, faire des études plus poussées, procéder à des échantillonnages. Le plan de campagne est sensiblement le même chaque année. Dès que nous arrivons sur site, nous récupérons les stations, et pendant qu'une équipe de technologues assurent leur maintenance, nous mettons en œuvre notre programme scientifique.

QUELLES DÉCOUVERTES ONT-ELLES ÉTÉ FAITES GRÂCE À CET OBSERVATOIRE ET AUX CAMPAGNES ASSOCIÉES ?

Nous avons réussi à obtenir des résultats marquants. Par exemple, aujourd'hui, nous comprenons mieux les relations entre la chaleur magmatique, les failles et le système hydrothermal. Nous avons modélisé le rôle des courants et de la topographie dans la dispersion des particules et des larves d'organismes. L'étude de la dynamique temporelle de la faune a aussi permis de mettre en évidence la stabilité de ces communautés à l'échelle décennale, et de mieux caractériser la distribution des espèces. Une étude très récente a même montré pour la première fois l'existence de rythmes biologiques chez une espèce des grands fonds.



MOULIÈRE HYDROTHERMALE (*BATHYMODIOLUS AZORICUS*)
OCCUPÉE PAR QUELQUES CRABES VIVANT AUTOUR
DES SOURCES HYDROTHERMALES © Ifremer

À QUELS NAVIRES DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE AVEZ-VOUS FAIT APPEL ?

Au fil des années, nous avons travaillé avec les navires *Thalassa*, *L'Atalante* et *Pourquoi pas ?* et les submersibles *Nautilie* et Victor 6000. Le *Pourquoi pas ?* est le plus adapté, car son vaste pont de travail peut recevoir à la fois les stations, la bouée de transmission et un submersible. C'est aussi un navire assez spacieux, doté d'un espace laboratoire généreux, capable d'accueillir une belle équipe scientifique d'une quarantaine de personnes.

QUELS SONT VOS SOUVENIRS LES PLUS MARQUANTS DE CES CAMPAGNES ?

L'un des plus vifs date de 2010, lorsque nous avons vu pour la première fois l'observatoire fonctionner. Il y a aussi les relations que nous avons nouées au fur et à mesure des campagnes. Nous sommes un noyau dur à nous retrouver presque chaque année et cela nous a permis de développer une véritable approche pluridisciplinaire. Les échanges sont nombreux et passionnants. Un climat de confiance s'est instauré

entre nous, notamment pour établir les priorités d'une campagne.

Il y a beaucoup d'anecdotes liées à la météo, lorsqu'il faut faire le gros dos et s'éloigner du site, le temps que la tempête se calme. Une année, nous avons vécu une épidémie de grippe à bord qui a touché près de la moitié des personnes embarquées et épuisé le stock d'antalgiques de l'infirmerie. Évidemment, il y a aussi quelques manipulations exceptionnelles, comme les prélèvements que nous avons réalisés toutes les 2 heures et 4 minutes pendant 24 heures sur des moules hydrothermales. Une des plongées les plus complexes que j'ai eue à organiser.

Peut-être que la campagne 2020 restera également dans les mémoires. Nous avons pu la mener à bien malgré le contexte sanitaire, mais en embarquant à Toulon, après une phase de confinement dans un hôtel, deux tests PCR, et une semaine à bord masqués en permanence.

QUELS SONT LES PROJETS POUR LA SUITE ?

Nous avons commencé à réfléchir aux prochaines étapes. Sur le plan scientifique bien sûr, mais aussi organisationnel. Nous aimerions réussir à alléger le travail de manutention pour obtenir des campagnes plus courtes, moins onéreuses, et donc plus faciles à poursuivre sur le long terme.

Mathilde Cannat, directrice de recherche CNRS en géosciences marines et membre de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP), est avec Pierre-Marie Sarradin à l'initiative du projet Momarsat qui mobilise de nombreuses équipes nationales ou étrangères Ifremer/REM/RDT, GET, Liens, Université des Açores, MIO, LEMAR, LOPS. La coordination technique est assurée par l'unité Recherche et développements technologiques (RDT) (J. Blandin puis J. Legrand, L. Gautier depuis 2021).

Au sein du réseau d'infrastructures de recherche EMSO-ERIC, l'observatoire EMSO-Açores est piloté et financé par l'Ifremer et le CNRS. Le projet bénéficie également de financements nationaux et internationaux (Labex Mer, ISBLUE, ANR, H2020).

CERNER LES PROCESSUS RÉGULATEURS DU CLIMAT

CAMPAGNE EUREC4A : ENQUÊTE SUR DEUX INCONNUES DE L'ÉQUATION CLIMATIQUE

Du 20 janvier au 20 février 2020, la Flotte océanographique a participé à un déploiement de grande envergure, à la fois aéroporté et océanique, au large de l'île de la Barbade dans les Caraïbes. Mobilisant de très nombreux chercheurs internationaux, cette campagne scientifique, baptisée Eurec4A (*Elucidating the role of clouds-circulation coupling in climate*), portait sur l'étude des cumulus d'alizés et des petits tourbillons océaniques. Deux sujets à travers lesquels les scientifiques souhaitent mieux comprendre la vitesse et l'amplitude du réchauffement climatique.

Les climatologues ont découvert que les petits nuages de beau temps, omniprésents dans les Tropiques, ont une influence notable sur le climat. Comprendre les conditions de leur formation et les facteurs qui influencent leurs propriétés constitue donc une étape importante pour lever certaines incertitudes quant au réchauffement. Comment évoluera cette couverture nuageuse au pouvoir refroidissant ? Va-t-elle atténuer ou amplifier le réchauffement ? Un impressionnant dispositif a été mobilisé pour saisir les caractéristiques et l'organisation spatiale des nuages. Cinq avions équipés d'une instrumentation de pointe les ont sondés à haute et basse altitude, enregistrant les

quantités d'eau accumulées, la taille des gouttes, les mouvements internes, la vitesse verticale de l'air...

Parallèlement, les scientifiques se sont intéressés aux petits tourbillons (moins de 100 kilomètres de diamètre), très fréquents dans cette région, qu'ils soupçonnent d'intervenir dans la capture de CO₂ et de chaleur par l'océan. Ces échanges océan-atmosphère sont encore mal connus et très sommairement représentés dans les modèles climatiques. Appuyé sur quatre navires, dont *L'Atalante* pour la Flotte océanographique française, et d'une multitude de bouées instrumentées, de planeurs sous-marins et de drones à voile, l'observatoire de nuages de la Barbade a piloté une étude intensive de ces phénomènes à des échelles fines (du mètre à la dizaine de kilomètres).



CO-DIRIGÉE PAR SANDRINE BONY DU CNRS ET BJORN STEVENS DE L'INSTITUT MAX PLANCK, EN PARTENARIAT AVEC DAVID FARRELL DE L'INSTITUT POUR LA MÉTÉOROLOGIE ET L'HYDROLOGIE DES CARAÏBES, LA CAMPAGNE EUREC4A A CONSISTÉ EN L'ÉTUDE DES PROCESSUS DE FORMATION DES NUAGES DES RÉGIONS TROPICALES. © EUREC4A-OA

Les données obtenues permettront de renforcer notre compréhension de processus cruciaux pour le climat. Elles aideront aussi à évaluer la capacité des modèles numériques de prévision météorologique et climatique, à prédire les cumulus d'alizés et les échanges océan-atmosphère. Enfin, elles contribueront à améliorer la télédétection par satellite de ces processus.

Eurec4A est co-dirigée par Sandrine Bony du CNRS et Bjorn Stevens de l'Institut Max Planck, en partenariat avec David Farrell de l'Institut pour la météorologie et l'hydrologie des Caraïbes. Cette campagne est soutenue par le Programme mondial de recherche sur le climat. Plus de 30 institutions de 11 pays y ont participé. En France, 13 laboratoires ou structures du CNRS et de ses partenaires sont impliqués et ont envoyé une centaine de personnes sur le terrain.

CAMPAGNE ACCLIMATE 2: RECONSTRUIRE L'OCÉAN DU PASSÉ

Comprendre l'évolution du climat de l'océan Austral au cours des 500 000 dernières années est l'enjeu sous-jacent de la campagne de carottage Acclimate 2. Du 9 février au 1^{er} mars 2020, à bord du *Marion Dufresne*, une trentaine de scientifiques de onze nationalités ont choisi d'affronter les quarantièmes rugissants pour se procurer de précieux échantillons. Contrairement à la première campagne réalisée en 2016, les conditions climatiques étaient cette fois-ci au beau fixe, ce qui a grandement facilité les opérations menées au large de l'Afrique du Sud.

Le principe des campagnes Acclimate est de prélever de très longues carottes de sédiments marins (40-70 mètres), à des profondeurs allant de 1 000 à 4 600 mètres, afin de fournir aux scientifiques une image de la circulation océanique et du climat à différentes périodes. La taille des grains, la composition des éléments chimiques et les microfossiles extraits de ces sédiments leur procurent de nombreuses informations : provenance des masses d'eau qui ont parcouru la zone, vitesses des courants de fond à différentes époques, évolution de la température des eaux. Par l'étude de ces carottes sédimentaires, ils souhaitent à terme obtenir des modèles de projection du climat plus performants.

Au cours de la campagne Acclimate 2, le *Marion Dufresne*, seul navire au monde capable de prélever des carottes géantes (supérieures à 60 mètres), a une fois de plus tenu ses promesses. Grâce au carottier Calypso, les chercheurs ont obtenu huit longs échantillons, dont quatre très beaux de 60 mètres. Une première série d'analyses a immédiatement été effectuée, notamment pour mesurer les proportions de minéraux aimantés qui peuvent renseigner sur les variations climatiques. Autre indicateur très utile, la couleur a aussi été mise à profit pour évaluer l'âge des sédiments. Le blanc est révélateur de périodes interglaciaires où les eaux plus chaudes sont chargées en carbonate. Les teintes vert foncé et marron noirâtre indiquent au contraire la période glaciaire. Il s'avère que certaines carottes couvrent en détail les derniers 350 000 ans de variations climatiques de l'océan Austral.



GRÂCE AU CAROTTIER CALYPSO, HUIT LONGUES CAROTTES DE SÉDIMENTS, DONT QUATRE TRÈS BELLES DE 60 MÈTRES, ONT ÉTÉ OBTENUES LORS DE LA CAMPAGNE ACCLIMATE 2.

© UB/Maria de la Fuente

Les analyses faites à bord ne sont toutefois qu'un avant-goût. Les huit tonnes de sédiments prélevées au cours de ces trois semaines de campagne vont nourrir de nombreuses années de travail. Elles sont stockées sur le site de Brest mais également en Norvège, dans le cadre d'une collaboration avec le Norwegian Research Centre (Norvège) et l'université de Cardiff au pays de Galles.

Acclimate 2 est portée par le laboratoire Géosciences marines de l'Ifremer et le laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (CNRS-CEA-Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines). Des scientifiques des universités de Perpignan, Bordeaux, Barcelone, Rio de Janeiro, du Bjerkness Centre for Climate Research et du Norwegian Research Centre (Norvège), et de l'université de Cardiff (Royaume-Uni) ont également participé à cette campagne.

CAMPAGNE SEALEX : À LA RECHERCHE DES TRACES SOUS-MARINES DE LA TEMPÊTE ALEX

Montée dans l'urgence, la campagne Sealex (*Searching for Alex*) a offert aux chercheurs une opportunité unique : saisir presque sur le vif la dispersion en mer des énormes quantités de sédiments déplacés par la tempête Alex. L'occasion de mieux comprendre l'aléa naturel et ses répercussions.

Cette tempête a frappé la France et plus particulièrement le département des Alpes-Maritimes du 2 au 4 octobre 2020. Elle a généré des cumuls pluviométriques, des crues, des glissements de terrain et des coulées de débris d'une intensité jamais documentée dans les vallées de la Tinée, de la Vésubie et de la Roya. Au regard des premières estimations, les volumes transportés dépasseraient ceux de la grande crue du Var de 1994 (18 millions de tonnes).

L'ampleur de l'événement a interpellé deux chercheurs en géosciences marines qui ont voulu savoir ce qu'étaient devenues ces immenses quantités de sédiments arrachés aux vallées et charriés jusqu'à la mer.

Pour les aider à répondre à cette question, la Flotte océanographique a mis à leur disposition le *Pourquoi pas?*. Cette mission a été évaluée, validée et organisée en un temps record d'une quinzaine de jours. Le 1^{er} novembre 2020, marins, techniciens et scientifiques venus de France et d'Italie ont ainsi embarqué pour une campagne de 9 jours entre l'embouchure du Var et de la Roya. Ils se sont relayés afin d'opérer une série de prélèvements et de sondages. Des mesures bathymétriques et sismiques ont été effectuées pour cartographier les canyons sous-marins, mais aussi mesurer l'épaisseur et l'architecture des couches de sédiments.



LA CAMPAGNE SEALEX A ÉTÉ MONTÉE DANS L'URGENCE, AU LENDEMAIN DE LA TEMPÊTE ALEX,
PAR GUEORGUI RATZOV, MAÎTRE DE CONFÉRENCE À L'UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR,
ET SÉBASTIEN MIGEON, PROFESSEUR À SORBONNE UNIVERSITÉ.

© Université Côte d'Azur / M.O. Beslier

Des carottages, par bennes ou au moyen d'un nouvel équipement, dit multitubes, ont régulièrement été effectués à des endroits soigneusement sélectionnés, jusqu'à 2 500 mètres de profondeur.

L'une des plus belles carottes prélevées pourrait permettre de mesurer les dépôts sédimentaires inhérents à plusieurs événements remarquables, comme le séisme de 1887, le glissement de 1979 au large de l'aéroport de Nice, et bien sûr la crue de la Roya liée à la tempête Alex. Protégées de l'oxydation et stockées en chambre froide pour ne pas altérer leur contenu biologique, les multiples carottes ont déjà commencé à être décrites et analysées à bord, mais c'est à terre que les études les plus approfondies vont être menées.

La campagne Sealex a été montée par Gueorgui Ratzov, maître de conférences à l'Université Côte d'Azur, et Sébastien Migeon, professeur à Sorbonne Université. Elle a regroupé 24 scientifiques issus de ces deux universités, mais aussi du Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (Conisma), du CNRS, de l'IRD, et des universités de Gênes et de la Sapienza (Rome).

ÉTUDIER LA BIODIVERSITÉ MARINE

CAMPAGNE KANADEEP, LA BIODIVERSITÉ DES MONTS SOUS-MARINS DANS LE PACIFIQUE

INTERVIEW DE SARAH SAMADI, PROFESSEURE AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE ET RESPONSABLE DE L'ÉQUIPE « EXPLORATION, ESPÈCES ET ÉVOLUTION » AU SEIN DE L'UMR INSTITUT DE SYSTÉMATIQUE, ÉVOLUTION, BIODIVERSITÉ (ISYEB)



© MNHN

QU'EST-CE QUI FAIT L'INTÉRÊT DES FONDS MARINS DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE DU POINT DE VUE DE LA BIODIVERSITÉ ?

D'une manière générale, les grandes profondeurs marines sont encore mal connues et nous réservent des surprises partout sur la planète. Mais la Nouvelle-Calédonie est au cœur du triangle d'or de la biodiversité, en particulier marine. Donc, lorsque nous explorons cette partie du monde, nous savons que nous allons plonger dans un environnement très riche et faire des découvertes.

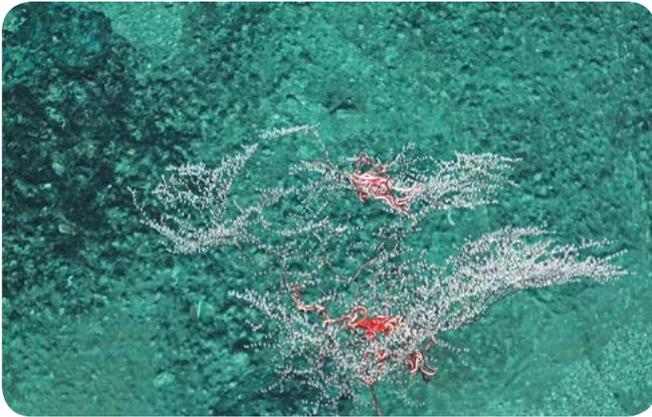
La Nouvelle-Calédonie est également un territoire qui a pris conscience de la richesse de son domaine maritime et qui aspire à mieux le connaître afin de mieux le gérer. Il existe déjà un grand nombre de connaissances, notamment cartographiques ou relatives à la biodiversité, sur lesquelles nous pouvons nous appuyer pour aller plus loin. Nous continuons ainsi à travailler à la découverte de nouvelles espèces, mais nous commençons aussi à étudier le fonctionnement des écosystèmes ce que l'on ne peut pas encore faire partout.

COMMENT EST NÉ ET S'EST DÉPLOYÉ LE PROJET KANADEEP ?

Il y a une quarantaine d'années environ, un programme d'exploration naturaliste a été construit par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN), l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (Orstom) pour mieux connaître les habitats profonds des îles tropicales. Lorsque la Nouvelle-Calédonie a décidé de protéger son espace maritime, nous avons effectué un bilan des connaissances existantes et pointé les nombreuses lacunes de ce corpus en proposant le projet Kanadeep pour essayer de les combler.

En 2017, nous avons mené une première campagne Kanadeep sur le navire *Alis* de la Flotte océanographique française. Il s'agissait de poursuivre l'exploration de certaines zones en procédant par dragage et chalutage pour compléter les échantillonnages existants. Deux ans plus tard, une seconde campagne a été organisée avec des moyens plus importants. La Flotte océanographique française a mis à notre disposition *L'Atalante* et le sous-marin Victor 6000. Cela nous a permis de descendre à plus de 3 000 mètres de profondeur, au lieu des 1 000 mètres habituels avec *Alis*, et de produire de nombreuses images de la faune *in situ* que nous connaissions jusque-là essentiellement à travers les spécimens remontés à la surface par les dragues et chalutages. À la fin de l'année 2020, nous avons aussi effectué la

mission Kanarecup sur l'*Alis* pour relever les pièges à particules que nous avons installés l'année précédente. Les données collectées nous permettront de mieux comprendre la façon dont les particules alimentaires et les larves s'installent sur les fonds et nourrissent ces écosystèmes.



CNIDAIRES (*METALLOGORGIA MELANOTRICHOS*) ET OPHIURES ÉCHANTILLONNÉS LORS DE LA CAMPAGNE OcéANOGRAPHIQUE KANADEEP RÉALISÉE PAR LE MNHN ET L'IFREMER © MNHN / IFREMER

QUELS RÉSULTATS AVEZ-VOUS OBTENUS ?

Plusieurs milliers d'espèces ont pu être décrites en Nouvelle-Calédonie au fil de ces multiples expéditions. La première campagne Kanadeep nous a permis des découvertes intéressantes qui ont fait l'objet de plusieurs publications. En raison de la pandémie, nous n'avons pas encore pu vraiment exploiter les données de la seconde campagne, mais les images et les échantillonnages sont très prometteurs. La capacité d'accueil de *L'Atalante* nous a permis d'inviter à bord une équipe de spécialistes plus étendue et de nous intéresser à des groupes taxonomiques sur lesquels nous avons encore peu travaillé. En plus de nos résultats sur les poissons, les mollusques et les crustacés, nous allons ajouter des données concernant les éponges, les coraux et les gorgones. Ces organismes architectes sont moins connus, mais ils sont essentiels car ils forment des habitats pour d'autres espèces.

QUE PENSEZ-VOUS DES PROJETS DE RENOUELEMENT DES NAVIRES EN COURS DE DISCUSSION DANS CETTE ZONE PACIFIQUE ?

Pour nous, c'est indispensable. Nous travaillons depuis longtemps avec l'*Alis* qui a des qualités mais aussi des limites. Nous sommes en attente d'un bateau de taille intermédiaire qui permettrait

de faire plus et de façon récurrente, sans forcément faire appel à de grands moyens comme *L'Atalante* et le *Pourquoi pas ?*. Plusieurs éléments nous intéressent comme la capacité à être plus nombreux à bord et à pouvoir réaliser des opérations de dragage et de chalutage tout en ayant la possibilité de descendre au fond des moyens d'imagerie. Le plus contraignant avec l'*Alis* est la limite de six personnes pour l'équipe scientifique, car plus nous avons de spécialistes à bord, meilleurs sont les échantillonnages et plus riche est la campagne.

QUELS SONT VOS PROJETS ? ALLEZ-VOUS POURSUIVRE L'EXPLORATION ?

Oui, nous souhaitons poursuivre nos campagnes en Nouvelle-Calédonie et aussi en Papouasie-Nouvelle-Guinée, un autre territoire très intéressant que nous explorons depuis 2010. Bien entendu, nous devons nous adapter aux contraintes logistiques liées à la situation sanitaire, mais nous voulons prolonger les partenariats très enrichissants que nous avons noués au fil des campagnes Kanadeep, tant avec des spécialistes internationaux qu'avec les géologues de Nouvelle-Calédonie. Nous espérons continuer dans la même dynamique et enrichir les collections mises à la disposition des chercheurs.



ÉPONGE (*EUPLECTELLA*), COMATULE (*CHARITOMETRIADE*) AU FOND DU CANYON SUR LE SOMMET DU MONT D, RIDE DES LOYAUTÉS (842 M). © MNHN / IFREMER

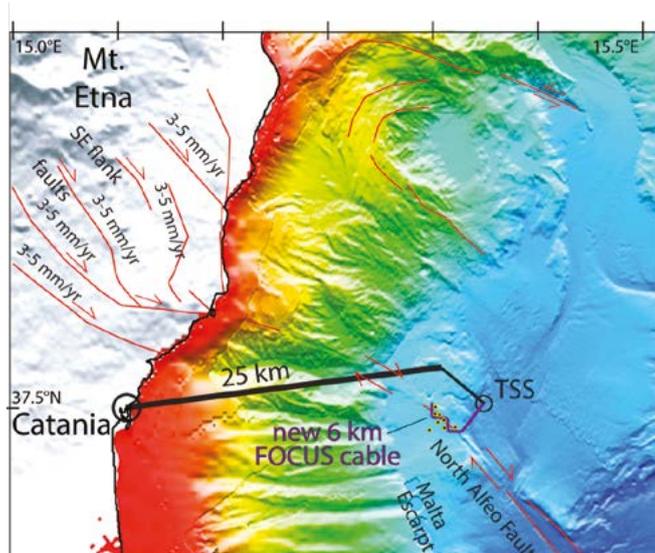
Organisées par le Muséum national d'histoire naturelle et l'Institut de recherche pour le développement, les campagnes Kanadeep mobilisent aussi des chercheurs du CNRS et de l'Ifremer de France métropolitaine et des équipes de Nouvelle-Calédonie qui travaillent sur la colonne d'eau, l'écologie et la géologie des fonds marins. Des spécialistes internationaux de la faune marine (australiens, russes, taiwanais...) participent également au projet. Ces campagnes sont intégrées dans le programme « La Planète Revisitée ».

<http://nouvellecaledonie.laplaneterevisitee.org/fr/kanadeep-2>
<https://expeditions.mnhn.fr/campaign/kanadeep>

PRÉVOIR LES ALÉAS SOUS-MARINS

CAMPAGNE FOCUS X1 : DÉTECTER LES MOUVEMENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE ET APPRÉHENDER LES ALÉAS SISMQUES

Jusque-là, l'interférométrie laser, une technique de mesure très précise des déplacements et des vibrations, servait plutôt à surveiller en temps réel l'intégrité structurelle de grands ouvrages tels que des ponts ou des barrages. L'idée de l'utiliser pour observer une faille sismique sous-marine revient au tectonicien Marc-André Gutscher, directeur du laboratoire Géosciences Océan (LGO) de l'Institut universitaire européen de la Mer (IUEM) à Brest. Du 7 au 20 octobre 2020, après deux années consacrées à sa mise au point, un système axé sur cette technologie a été déployé au large de la ville de Catane en Sicile grâce au concours très actif de l'Ifremer et de la Flotte océanographique française.



LA PREMIÈRE CAMPAGNE DU PROJET EUROPÉEN FOCUS, LAURÉAT D'UNE BOURSE EUROPÉENNE ERC (EUROPEAN RESEARCH COUNCIL) EN 2018, S'EST DÉROULÉE DU 7 AU 20 OCTOBRE 2020 AU LARGE DE LA SICILE, EN MER IONIENNE, LE LONG D'UNE FAILLE SOUS-MARINE ACTIVE. (CARTE BATHYMÉTRIQUE)

© CNRS-UBO-UBS/Marc-André Gutscher

L'objectif de ce nouveau dispositif de surveillance est de détecter les faibles mouvements de l'écorce terrestre afin d'appréhender les aléas sismiques. Le choix des scientifiques s'est porté sur la faille sous-marine de nord Alfeo située à l'est du volcan Etna.

Elle s'étend sur près de 80 kilomètres à plus de 2 000 mètres de profondeur. Le projet Focus X1 consistait à installer un câble en fibre optique à proximité de cette faille et de « l'interroger » en injectant des impulsions laser. Cette méthode permet d'enregistrer les plus infimes perturbations mécaniques et thermiques subies par le câble, pour les traduire ensuite en informations sismiques.

Déployer le système à plus de 2 000 mètres de profondeur était en soi un défi. Il a fallu mettre au point un câble spécial avec des connecteurs adaptés aux grands fonds, l'ensemble devant être relié à l'observatoire sous-marin EMSO de l'Institut de physique de Catane (INFN-LNS). En outre pour être capable d'enregistrer les mouvements tectoniques les plus discrets, le câble ne devait pas seulement être posé sur le fond, mais enfoui dans les sédiments. L'Ifremer a donc été sollicité pour concevoir une charrue sous-marine capable de réaliser cette opération très délicate.

À l'issue de 18 mois de travail, l'outil était opérationnel et a pu être embarqué sur le *Pourquoi pas ?* avec tous les équipements nécessaires au déploiement du système. Opéré par le sous-marin télécommandé Victor 6000, la charrue a rempli son office : près de 6 kilomètres de câble ont été installés sur un terrain très escarpé. Huit stations géodésiques de fond de mer ont également été mises en place. L'observatoire du port de Catane reçoit désormais en temps réel les échos des signaux lumineux circulant dans la fibre et peut par ce biais surveiller l'activité de la faille.

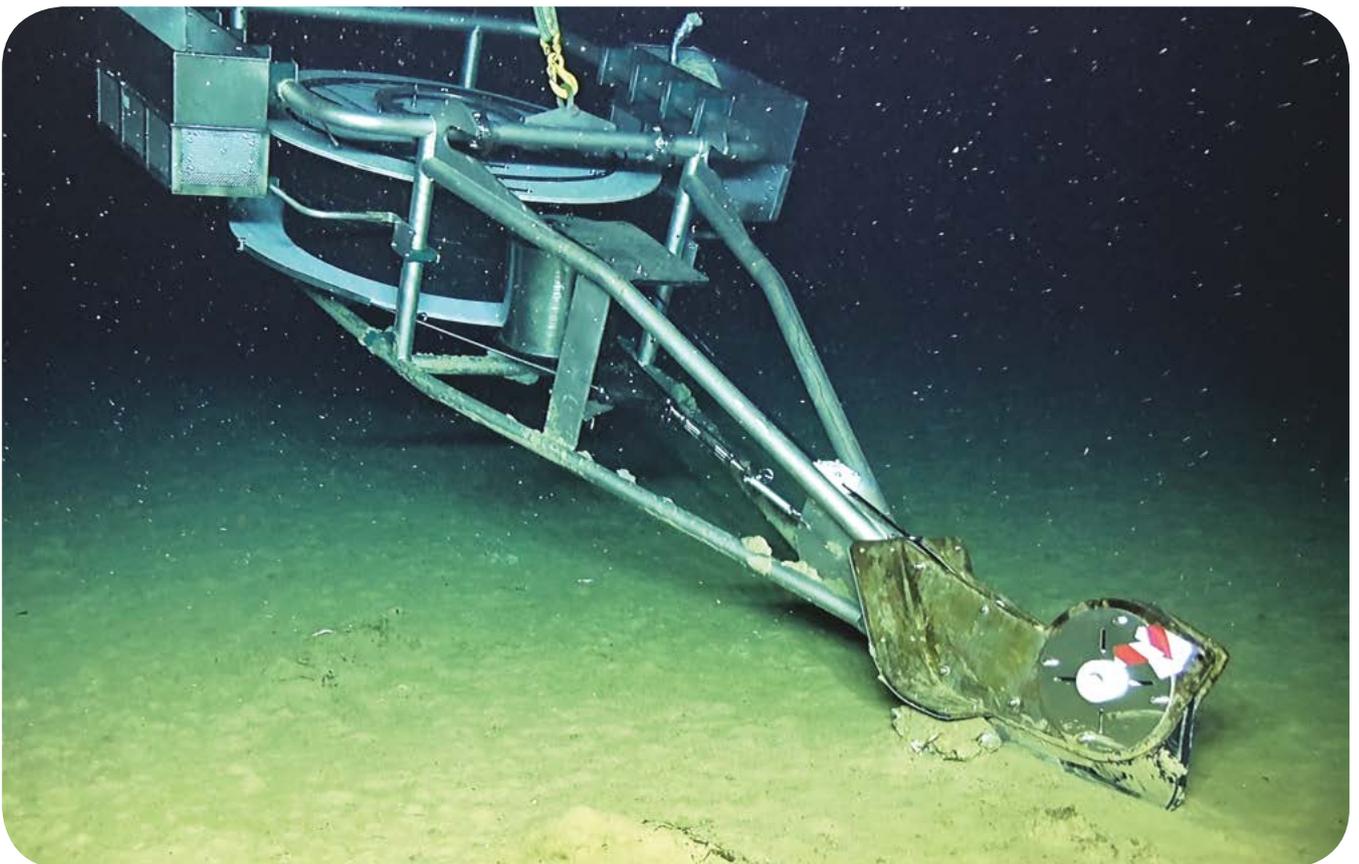
Plusieurs partenaires se sont mobilisés pour la réussite du projet Focus X1 :

- le laboratoire Géosciences Océan (CNRS - Université de Bretagne Occidentale)
- l'unité de recherche Géosciences marines (Ifremer)
- IDIL (SAS Lannion)
- l'Institut de physique de Catane (INFN-LNS)
- la société IXblue

Ces recherches et les instruments optiques et acoustiques dédiés au suivi de la faille sont financés par une bourse européenne ERC (*European Research Council*) dotée de 3,5 millions d'euros.

UNE CHARRUE SPÉCIFIQUEMENT CONÇUE PAR L'IFREMER**INTERVIEW DE JAN OPDERBECKE, RESPONSABLE
DE L'UNITÉ SYSTÈMES SOUS-MARINS, DIRECTION
DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE, À L'IFREMER****EN QUOI CONSISTE EXACTEMENT CETTE CHARRUE ?**

Elle se compose de plusieurs éléments. Elle comprend un tambour équipé d'un frein pour dérouler le câble de manière contrôlée, et d'un soc pour tracer le sillon dans lequel le câble sera enseveli à quelques centimètres de profondeur dans les sédiments. Elle possède une interface qui permet le couplage mécanique avec le sous-marin télécommandé, car la charrue elle-même ne dispose d'aucun système de propulsion : c'est le véhicule sous-marin téléguidé (ROV) Victor 6000 qui la pousse. La charrue est également équipée d'un flotteur pour maintenir le système en équilibre au-dessus du sol. La charrue est déployée séparément de Victor 6000, elle est lestée pour descendre au fond où vient se clamer le ROV avec ses manipulateurs. Victor 6000 réalise également les connexions des extrémités du câble sur les terminaux de mesure.



CETTE CHARRUE CONÇUE SPÉCIFIQUEMENT PAR L'IFREMER A ÉTÉ UTILISÉE POUR LE DÉPÔT ET L'ENFOUISSEMENT D'UN CÂBLE OPTIQUE À PLUS DE 2000 MÈTRES DE PROFONDEUR, AU LARGE DE CATANE EN SICILE. CETTE OPÉRATION EST PARTIE INTÉGRANTE DU PROJET FOCUS DIRIGÉ PAR MARC-ANDRÉ GUTSCHER DU LABORATOIRE GÉOSCIENCES OCÉAN À BREST.

© IFREMER/KLINGELHOEFER FRAUKE, GUTSCHER MARC-ANDRÉ

COMMENT S'EST DÉROULÉE SA MISE AU POINT ?

Nous sommes partis d'une maquette de démonstration qui avait été étudiée, il y a une dizaine d'années, dans le cadre d'un prototypage. Nous avons effectué une étude de faisabilité et pu vérifier qu'il était possible d'adapter ce concept au projet Focus X1. Il y a eu ensuite une phase importante de dimensionnement. Nous nous sommes occupés de toute la conception mécanique détaillée et nous avons ensuite fait fabriquer l'engin. Enfin nous avons procédé à la mise au point du système câble-tambour-frein-soc.

AVEZ-VOUS PU LA TESTER EN BASSIN OU EN CONDITION RÉELLE ?

Il est assez difficile de faire fonctionner le système complet en bassin, car l'ensemble incluant le flotteur est très volumineux, mais nous avons pu tester certains composants. Ensuite, nous avons procédé à un essai grandeur nature en Méditerranée. Il nous a permis de définir les procédures de mise en œuvre, de dérouler une opération complète depuis le pont d'un navire. Tout cela a été étudié, décrit et documenté, afin que les opérateurs disposent d'un cadre précis.

COMMENT S'EST COMPORTÉE LA CHARRUE PENDANT LA CAMPAGNE ?

L'opération a été une belle réussite. Bien entendu, comme pour tout système expérimental, nous avons dû faire face à quelques problèmes. Le terrain, très pentu, s'est aussi avéré inégal dans sa composition, avec un sol parfois trop dur ou au contraire trop meuble. Les opérateurs ont montré un savoir-faire exemplaire en remontant l'appareil après un blocage du câble sur le tambour. Mais dans l'ensemble, ce couple charrue - Victor 6000 a réussi à ensevelir le câble sur l'essentiel des 6 kilomètres prévus.

QUE RETIREZ-VOUS DE CETTE OPÉRATION ?

Je crois que c'est un très bel exemple des capacités de la Flotte océanographique à accompagner un projet scientifique : à la fois du point de vue de l'ingénierie, de la conception d'équipement hors norme, mais aussi pour la mise en œuvre avec Genavir d'un dispositif nouveau dans des environnements complexes.

SURVEILLER LES POPULATIONS HALIEUTIQUES

DES CAMPAGNES ÉCOSYSTÉMIQUES AUX MODÈLES PRÉVISIONNELS

INTERVIEW DE MATHIEU DORAY, CHERCHEUR À L'UNITÉ ÉCOLOGIE ET MODÈLES POUR L'HALIEUTIQUE À L'IFREMER ET SANDRINE VAZ, CHERCHEURE AU LABORATOIRE HALIEUTIQUE DE MÉDITERRANÉE À L'IFREMER

QUELLES SONT LES PARTICULARITÉS DES CAMPAGNES HALIEUTIQUES ÉCOSYSTÉMIQUES ?

Mathieu Doray : En 2000, dans le cadre de la campagne Pelgas qui visait à estimer la population de sardines et d'anchois dans le golfe de Gascogne, nous avons pris conscience qu'il était très difficile d'étudier les petits poissons pélagiques en dehors de leur écosystème. Nous avons donc commencé à collecter des informations sur les différents compartiments de cet écosystème : l'hydrologie, les organismes dont ces poissons se nourrissent (phyto et zoo planctons), leurs prédateurs (cétacés, oiseaux marins). En plus des outils acoustiques et des pêches d'identification, nous avons mis en œuvre de nouveaux capteurs, des filets pour piéger les planctons, des observateurs pour recenser les mammifères et les oiseaux marins, et des pompes pour prélever l'eau de surface et compter les œufs qu'elle contient. Cette approche écosystémique tend à se généraliser aujourd'hui, d'autant plus que l'Europe demande désormais, à travers la directive-cadre Stratégie pour le milieu marin, des données sur les écosystèmes autant que sur la pêche. En France, Pelgas a inspiré d'autres campagnes comme IBTS en Manche et mer du Nord et Medits en Méditerranée.

Sandrine Vaz : Dans le passé, nous étions concentrés sur une liste prédéterminée d'espèces et nous effectuions des suivis financés par l'Union européenne. Mais peu à peu, nous avons voulu faire plus. Nous avons donc évolué vers une identification totale des captures : avec un chalut de fond, cela peut représenter 400 à 500 espèces différentes. Nous avons ainsi accompli un suivi de la biodiversité très fin chaque année, selon les mêmes protocoles et préoccupations. Ensuite, nous avons voulu aller au-delà des captures au chalut et des mesures acoustiques, d'où les filets à plancton, les observateurs à la jumelle... Sur la campagne IBTS, nous avons aussi étendu le suivi des larves à l'ensemble de l'ichtyoplancton.



ÉCHANTILLONNAGE DES RESSOURCES HALIEUTIQUES POUR COMPRENDRE L'ÉVOLUTION DE LA BIODIVERSITÉ ET DE LA PÊCHE. CETTE OPÉRATION S'EFFECTUE EN SALLE DE TRI À BORD DU NAVIRE OCÉANOGRAPHIQUE, LE THALASSA. © Ifremer / R. Faillettaz

D'autres collègues s'intéressent au réseau trophique pour déterminer qui mange quoi et en quelle quantité. C'est la force des bateaux de la Flotte océanographique française, même sur les plus petits comme L'Europe, nous pouvons effectuer beaucoup de mesures et d'observations. Nous sommes allés au-delà de l'attendu des campagnes halieutiques et aujourd'hui, grâce aux données recueillies, nous sommes en capacité de répondre à la montée en puissance des attentes européennes. Nous avons pris 10 à 15 ans d'avance sur les politiques publiques.

LA PANDÉMIE ET LE CONFINEMENT ONT-ILS BEAUCOUP PERTURBÉ CES CAMPAGNES ?

Sandrine Vaz : Évidemment, les difficultés ont été nombreuses. Certaines campagnes ont été annulées, d'autres, reprogrammées, se sont retrouvées décalées par rapport à leur saison réglementaire

ou préférentielle. Il y a aussi eu des problèmes liés au Brexit en Manche pour l'accès aux eaux britanniques. Nous n'avons pas encore le recul pour analyser l'impact de ces perturbations sur la qualité des données, mais il faut s'attendre à quelques manques. Pourtant, même si l'année a été difficile, nous avons réussi à tenir l'essentiel de notre programme.

Mathieu Doray : Il faut saluer l'adaptabilité des équipes. C'était très compliqué de gérer l'incertitude, mais avec du recul, la résilience du système a été démontrée. Seule la campagne Pelgas a été définitivement annulée et encore nous avons pu faire en octobre, via la campagne Evohe, des observations acoustiques et des chalutages pélagiques grâce à des bateaux de pêche professionnels. Ils nous ont fourni des données originales sur la situation de ces espèces en automne.

Sandrine Vaz: Oui, il faut saluer les efforts de tous pour tenir les objectifs. C'était très compliqué pour les équipes scientifiques avec les contraintes d'embarquements plus longs, les tests... Les personnels Genavir nous ont énormément épaulés, au-delà de leur rôle habituel et attendu.

QUELLE EXPLOITATION FAITES-VOUS DES DIFFÉRENTES DONNÉES COLLECTÉES ?

Mathieu Doray: Nous avons développé des méthodes pour valider, stocker et analyser ces données qui sont considérables : sur Pelgas, nous collectons environ 150 paramètres d'écosystème pélagique tous les ans, depuis vingt ans. Notre première méthode d'analyse est cartographique. Nous produisons une carte pour chacun de ces paramètres et nous pouvons regarder d'une année sur l'autre leur distribution spatiale. D'autres outils nous permettent d'analyser statistiquement ces ensembles de cartes. La deuxième approche consiste à élaborer des indicateurs, par exemple en calculant l'abondance moyenne d'une espèce pour la suivre au fil du temps. Cette méthode nous a permis notamment de mettre en évidence la diminution du poids et de la taille moyenne des sardines et des anchois dans le golfe de Gascogne et en Méditerranée.

Sandrine Vaz: Les données collectées nous aident à répondre à des questions relatives au changement global : les évolutions climatiques, les usages et les pressions sur les milieux marins. Nous construisons des modèles qui décrivent comment une population va se déployer en fonction de la présence ou non de certaines pressions. À partir de là, nous pouvons simuler l'effet d'un réchauffement climatique de quelques degrés ou l'impact que peut avoir la fermeture d'une zone de pêche sur l'évolution des espèces. Nos modèles sont suffisamment robustes pour proposer aux gestionnaires des simulations réalistes. C'est la raison d'être de l'Ifremer, nous avons à cœur que nos recherches se traduisent en conseils, d'où notre triptyque observation-recherche-expertise.

Mathieu Doray: En fait, les campagnes nous permettent d'observer de manière très précise un espace à un moment donné et la modélisation nous donne la possibilité de simuler ce que nous ne pouvons pas observer : que se passe-t-il à une autre saison ? Et si la température se réchauffe ?

QUELLES ORIENTATIONS ET ÉVOLUTIONS SONT ENVISAGÉES POUR LES ANNÉES À VENIR ?

Sandrine Vaz: Ces campagnes halieutiques récurrentes sont des plateformes uniques pour faire de la recherche sur de très nombreux sujets : la biodiversité, la distribution des espèces, leurs préférences d'habitat, les différentes parties de leur cycle de vie... De très nombreuses voies sont donc explorées simultanément par les chercheurs. Chacun participe à la meilleure compréhension du fonctionnement écosystémique et à la construction de projections à long terme, à l'échelle globale. Beaucoup de travaux portent actuellement sur la question climatique et sur les usages, la pêche bien sûr, mais aussi le développement de l'éolien en mer.

Mathieu Doray: Nous prenons aussi conscience que n'avons pas encore toutes les données pour répondre aux questions posées par ces différentes pressions sur les écosystèmes. Nous allons devoir augmenter nos capacités d'observation en intégrant des avancées technologiques récentes. La précision et l'automatisation croissante des outils d'imagerie (vidéo et acoustique), l'essor des drones, les nouvelles méthodes génomiques, l'utilisation de l'intelligence artificielle pour gérer les mégas flux de données laissent envisager de belles perspectives. Nous devons aussi diminuer l'empreinte environnementale de nos campagnes océanographiques.

**Une
organisation
au service
de la
communauté
scientifique
marine**

**Perspectives d'évolution
et grandes priorités**

INTERVIEW CROISÉE ENTRE OLIVIER LEFORT, DIRECTEUR DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE, ET ÉRIC DERRIEN, DIRECTEUR DE GENAVIR



© Ifremer/ A. Bodenès

QUELS SONT LES RÔLES RESPECTIFS ET LES MISSIONS DE LA DIRECTION DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE ET DE L'ARMATEUR GENAVIR ?

Olivier Lefort : Je résumerai la situation en rappelant que, depuis le 1^{er} janvier 2018, la très grande infrastructure de recherche (TGIR) Flotte océanographique française est opérée par l'Ifremer qui est devenu propriétaire de la majorité des navires, hormis le *Marion-Dufresne*, propriété des TAAF, et les navires de station qui sont armés par le CNRS. Pour opérer la Flotte océanographique française (FOF) l'Ifremer s'appuie sur la direction de la Flotte océanographique (DFO), positionnée au sein de l'Institut, et trois opérateurs ; LDAS pour le *Marion Dufresne*, le CNRS pour les navires de station, et sa filiale, la SASU Genavir pour l'ensemble des autres navires et systèmes embarqués de la TGIR.

Le premier rôle de la DFO est de piloter la mise en place et la réalisation des campagnes. Pour cela, nous sommes en interface avec les équipes scientifiques. Nous rendons ainsi possibles les dépôts de demandes de campagnes et leur évaluation par des commissions indépendantes. Nous planifions les campagnes dans le temps, selon des règles fixées dans le cahier des charges de la TGIR. Nous nous assurons enfin de leur réalisation et de l'évaluation *a posteriori* de leur qualité.

Le deuxième rôle de la DFO est de faire évoluer l'infrastructure et de créer des outils nouveaux. C'est le rôle des deux unités de recherche Navires et systèmes embarqués (NSE) et Systèmes sous-marins (SM)

qui sont en charge respectivement de la réalisation des projets de construction et de modernisation des navires et des systèmes sous-marins. Alimentant leur savoir-faire technique grâce à des activités de recherche et de développement, elles se positionnent également sur l'acquisition et le développement des équipements scientifiques et informatiques nécessaires à la collecte, la bancarisation et le traitement des données acquises. Un exemple récent est le projet DeepSea'nnovation, qui est lauréat de l'appel à projets EquipEx+ pour un montant proche de 4 M€. L'objectif est de mettre à la disposition des équipes scientifiques des outils à la pointe de la technologie. Une fois que ces équipements sont achetés, développés ou réalisés, ils sont confiés en opération pour la plupart d'entre eux à Genavir.

Éric Derrien : Genavir est en effet le principal armateur de la Flotte océanographique française (FOF). Nous assurons la préparation, l'organisation et la réalisation des campagnes du programme de moyens navals élaboré par la direction de la Flotte océanographique. Nous gérons, par ailleurs, l'acheminement et l'hébergement des personnels, la logistique des moyens navals mis en œuvre, leur approvisionnement en consommables et nous réglons toutes les dépenses d'armement induites.

Concernant les équipements scientifiques des navires, les équipements mobiles et notamment les engins sous-marins, nous assurons leur stockage, leur entretien, leur acheminement et leur mise en œuvre opérationnelle. Par ailleurs, nous nous chargeons de l'acquisition et de la validation des données numériques scientifiques recueillies au cours des campagnes. Car l'ensemble de ces données est ensuite transmis au service Systèmes d'informations scientifiques pour la mer (SISMER) de l'Ifremer.

Olivier Lefort : L'organisation entre la DFO et Genavir prévoit des boucles courtes afin de nous adapter au mieux aux différentes configurations. Le système n'est pas figé. Il y a une communication permanente entre nous. D'autre part, je pense qu'il est important pour l'Ifremer de pouvoir s'appuyer sur un armateur qui a des compétences spécifiques dans le domaine de l'océanographie. Genavir a une expertise et une véritable expérience, chose assez atypique en France et en Europe. Cette fonction dépasse celle de l'armateur classique.

Éric Derrien : C'est en effet notre spécificité, une singularité dans le monde maritime. Nous sommes le seul opérateur de navires de recherche au sein des armateurs de France.

COMMENT SE DÉROULE LA PRÉPARATION DES CAMPAGNES ?

Olivier Lefort : Il y a un pilote pour chacune des phases. La direction de la Flotte océanographique (DFO) gère le dossier de préparation de chaque mission. Très concrètement, notre travail consiste à œuvrer depuis l'amont, trois ans durant, à l'élaboration des campagnes avec les chefs de mission en stabilisant les opérations à accomplir, la durée des campagnes, leur positionnement dans un calendrier, mais aussi en s'assurant que toutes les autorisations de travaux dans les eaux étrangères soient obtenues en temps et heure. Nous préparons ainsi des programmes d'activités annuels qui sont votés et validés par le comité directeur de la FOF, charge ensuite à Genavir de mener à bien l'ensemble de ces campagnes. Et, deux mois avant la campagne, au moment de la réunion de préparation, il y a un changement de pilote. Genavir, au titre du contrat, se concentre sur les différentes étapes de finalisation de plus en plus fine.

Éric Derrien : Notre complémentarité est réelle. C'est un dialogue permanent qui permet la bonne préparation de la campagne et son bon déroulement.

QUELS SONT LES OBJECTIFS RECHERCHÉS ?

Olivier Lefort : Tout le travail de la direction de la Flotte océanographique (DFO) puis de Genavir, à travers ce cycle d'affinage, est de faire en sorte que les grands objectifs définis soient tous réalisés dans de bonnes conditions, en produisant des données de qualité. Il y a à la fois un objectif de réalisation d'un ensemble de tâches et aussi une qualité de la prestation, que souligne Éric Derrien. Tout le système est construit autour de cela y compris à travers les fiches d'évaluation de fin de mission qui nous sont communes. La fiche d'évaluation de fin de campagne n'est pas anodine, elle existe depuis vingt ans, elle signe aussi le fait que la mission, ce n'est pas uniquement partir du point A et arriver au point B.

Éric Derrien : Cette évaluation vient alimenter les indicateurs de performance que l'on se fixe au travers de nos systèmes de qualité réciproques.

Olivier Lefort : Ce recueil d'informations nous aide à nous améliorer collectivement. C'est un processus d'amélioration continue.

COMMENT ENVISAGEZ-VOUS L'AVENIR À MOYEN TERME ?

Éric Derrien : Genavir possède une expertise reconnue au sein de la communauté scientifique. Nous aimerions la valoriser plus largement en devenant par exemple un armateur pour d'autres instituts de recherche européens et en accroissant notre domaine de compétences au profit de nouveaux clients.

Olivier Lefort : Ce que je souhaite pour l'avenir c'est, d'une part, de pouvoir continuer à faire évoluer les navires, les équipements et les engins afin de répondre aux besoins scientifiques et à quelques grands enjeux. La décarbonation de la Flotte, à laquelle nous commençons à nous atteler, est l'un d'entre eux. La solution n'est pas uniquement technologique, elle viendra aussi de la façon dont nous allons repenser le déroulement des campagnes. Nous allons lancer la construction de navires intégrant des solutions technologiques qui permettront d'avoir une empreinte environnementale plus faible, mais le résultat ne sera atteint que si le processus de la campagne évolue. Un groupe de travail s'est formé sur le sujet pour les futurs navires semi-hauturiers et les solutions envisagées ont trait à davantage de téléprésence, aux circuits d'approvisionnement, à la logistique du personnel, de manière à réduire globalement l'empreinte. C'est une amélioration menée de manière collective pour faire évoluer les campagnes dans les dix années à venir.

Éric Derrien : Il y a effectivement une démarche collaborative en cours dans le souci de réduire l'empreinte environnementale de la Flotte océanographique française. À l'initiative du Président-directeur général de l'Ifremer, François Houllier, nous avons d'ailleurs postulé au label Green Marine Europe, et nous l'avons obtenu à l'automne 2020.



Évolution des navires et des engins

RENOUVELLEMENT ET MODERNISATION À MOYEN TERME DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

Afin de garantir le rayonnement de la recherche marine française en Europe et dans le monde, le renouvellement de la très grande infrastructure de recherche Flotte océanographique française doit s'inscrire et se planifier dans la durée. Une programmation à moyen terme de la Flotte océanographique française a été présentée et votée en conseil d'administration de l'Ifremer le 8 octobre 2020 : elle répond, d'une part, à une recommandation de la Cour des comptes et, d'autre part, à un engagement du contrat d'objectifs et de performance 2019-2023 de l'Ifremer. Cette programmation a été construite dans une optique de modernisation et de rationalisation des moyens et a reçu un avis positif du nouveau conseil scientifique de la Flotte en décembre 2018, et des organismes membres du comité directeur de la Flotte en juin 2019. Elle s'étend jusqu'à l'horizon 2035 et inclut l'ensemble des investissements significatifs relatifs à la Flotte : jouvence, construction de nouveaux navires, depuis les navires de station jusqu'aux navires hauturiers, ou acquisition d'équipements en remplacement des moyens navals en fin de vie ou devenus obsolètes.

Cette programmation du renouvellement s'inscrit dans une démarche d'amélioration globale des performances environnementales de la Flotte océanographique française. L'Ifremer travaille depuis plusieurs années à une politique de réduction de la consommation de ses navires et d'usage de carburants pauvres en soufre et en particules. C'est ainsi que l'Ifremer a récemment choisi d'adhérer et de participer activement au programme volontaire de certification environnementale Green Marine Europe, coordonné par l'association Surfrider Foundation Europe. Franchir une nouvelle étape nécessite désormais d'agir sur les leviers de la conception initiale des nouveaux navires et engins sous-marins, et de leur modernisation. La programmation à moyen terme de la Flotte océanographique française fera ainsi l'objet d'une démarche d'écoconception ambitieuse : elle s'appuiera sur une réflexion en profondeur concernant toutes les étapes d'une campagne et ses impacts, et sur le choix de solutions techniques ajustées, afin de réduire son empreinte environnementale globale.

La programmation à moyen terme vise les grands objectifs suivants :

- Le maintien d'une capacité hauturière dans l'Atlantique, l'océan Indien et l'océan Pacifique avec notamment des travaux lourds sur *L'Atalante* qui seront réalisés en 2021 et devraient permettre au navire de rester en Flotte jusqu'en 2030.
- La jouvence à mi-vie du *Pourquoi pas ?* programmée en 2024/2025 en partenariat avec le ministère des Armées, et dont l'objectif est de prolonger de 20 ans l'activité scientifique du navire.
- Le maintien d'une capacité d'exploration des environnements profonds, avec la construction d'un robot de nouvelle génération capable d'opérer jusqu'à 6 000 mètres.
- La concentration des moyens côtiers et semi-hauturiers de 6 à 5 navires. *Thalia* devrait être remplacé en 2025 en Manche-Atlantique par un premier navire semi-hauturier, tandis qu'en Méditerranée *L'Europe* sera également remplacé en 2030 par un navire semi-hauturier d'une quarantaine de mètres. Le remplacement de *l'Alis* par un navire semi-hauturier va être instruit par l'Ifremer, avec le soutien de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), en examinant les possibilités de coopération et de financement en particulier avec les gouvernements de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française. Dans l'attente de ce navire, il est prévu que *l'Antéa* soit déployé en Pacifique ouest dès 2023.

Cette programmation ne vaut pas engagement financier de l'État, mais sa validation en conseil d'administration de l'Ifremer souligne l'accord collectif sur les grandes options retenues (quant au nombre et à la nature des navires et engins sous-marins). Elle atteste aussi de la confiance raisonnable de l'Ifremer et de l'État dans leur capacité à trouver les modalités de financement *ad hoc*, y compris avec des cofinancements régionaux ou européens.

PROGRAMME DE RENOUVELLEMENT ET MODERNISATION À MOYEN TERME DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE

NAVIRES HAUTURIERS

L'Atalante 

Remplacement L'Atalante

Marion Dufresne

Remplacement Marion Dufresne

Thalassa 

Remplacement Thalassa

Pourquoi pas ? 

NAVIRES CÔTIERS ET SEMI-HAUTURIERS

Alis 

Antéa 

Navire semi-hauturier Pacifique

Thalia 

Navire semi-hauturier Manche Atlantique

L'Europe 

Navire semi-hauturier Méditerranée

Thetys 

Navire côtier Méditerranée

Côtes de la Manche

Navire côtier Manche Atlantique

NAVIRES DE STATION

Sépia II 

Néreis II 

Antédon II 

Planula IV 

Neomysis 

Albert Lucas 

Sagitta III 

SYSTÈMES SOUS-MARINS

Idef^x 

Aster^x 

Uly^x 

Nautile 

ROV +

Victor 6000 

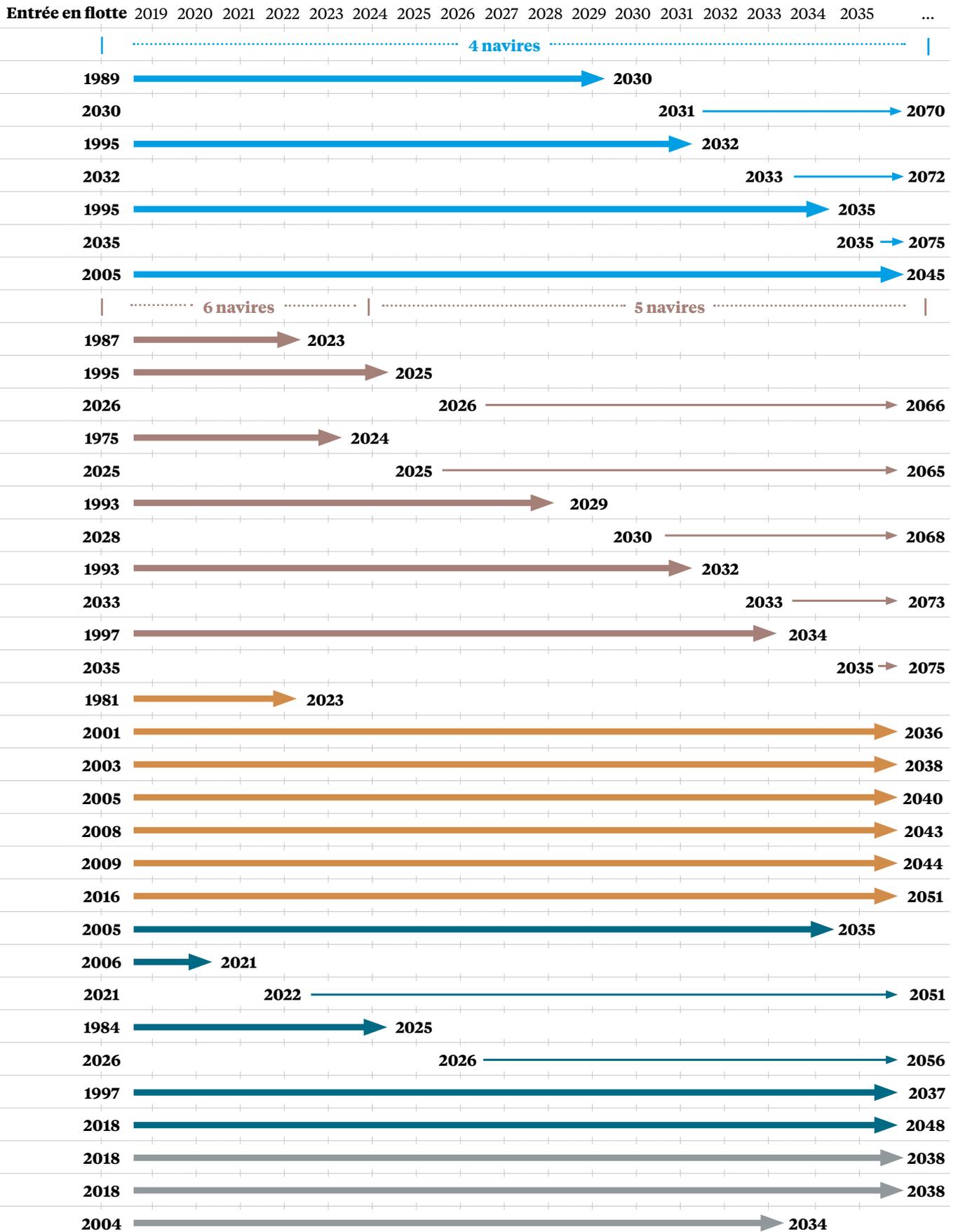
Ariane 

ÉQUIPEMENTS LOURDS

Sismique 1 

Sismique 2 

Penfeld 



LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE HONORÉE PAR LE LABEL **GREEN MARINE EUROPE**

L'Ifremer et Genavir ont choisi de s'inscrire dans une démarche durable en intégrant le nouveau programme volontaire de certification environnementale : Green Marine Europe. Coordonné par l'association Surfrider Foundation Europe, ce label est une adaptation d'un référentiel élaboré en Amérique du Nord, douze ans auparavant, par Alliance Verte-Green Marine. Il propose aux différents acteurs de l'industrie maritime, aux armateurs dans un premier temps, un processus d'autoévaluation assorti d'une vérification par un organisme indépendant.

Les candidats doivent ainsi analyser leur Flotte ou leurs installations au regard de sept « critères de rendement » qui couvrent un ensemble assez large de préoccupations. Parmi eux se trouvent le bruit sous-marin, les différentes émissions atmosphériques polluantes ou à effet de serre, la gestion des matières résiduelles, la prévention des fuites et des déversements... Le label encourage également à prendre en compte la problématique du recyclage des navires et à instaurer les meilleures relations possible avec les différentes parties prenantes de la communauté maritime.

En octobre 2020, l'Ifremer et Genavir ont vu leur démarche de réduction de leur empreinte environnementale récompensée par l'attribution de ce nouveau label. La Flotte océanographique française s'est particulièrement illustrée en obtenant la note maximale sur le critère « bruit sous-marin ».



RENDRE LES NAVIRES PLUS SILENCIEUX

INTERVIEW D'YVES LE GALL, RESPONSABLE DU SERVICE ACOUSTIQUE SOUS-MARIN ET TRAITEMENT DE L'INFORMATION À LA DIRECTION DE LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE À L'IFREMER



© Ifremer/ A. Bodenes

POURQUOI LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE EST-ELLE AUSSI PERFORMANTE EN MATIÈRE DE BRUIT SOUS-MARIN ?

Essentiellement parce que nous travaillons depuis longtemps sur ces questions. Il y a une quinzaine d'années, la pression environnementale sur le sujet a commencé à s'accroître. Dans le cadre de nos campagnes, nous utilisons parfois des sources acoustiques de forte puissance pour l'imagerie des couches sédimentaires. Ces systèmes peuvent avoir un impact physiologique notable sur la faune au voisinage de ces sources, en particulier sur les mammifères marins. Nous nous sommes donc intéressés très sérieusement à cette problématique des ondes sonores et de leur impact.

Dans le même ordre d'idée, l'Ifremer réalise des campagnes halieutiques pour estimer l'abondance des différentes espèces de poissons. Ces évaluations de biomasse sont en partie effectuées par le biais de systèmes acoustiques et le bruit rayonné par le navire ne doit bien évidemment pas éloigner les poissons. Nous avons donc travaillé à la réduction de ces bruits pour disposer de navires plus silencieux. Les exigences très élevées de ces campagnes halieutiques nous ont familiarisés avec ces problématiques. Nous spécifions maintenant des niveaux de bruits à ne pas dépasser lors de la construction ou de la modernisation d'un navire océanographique.

COMMENT FAUT-IL PROCÉDER POUR RENDRE UN NAVIRE SILENCIEUX ?

Il faut choisir un mode de propulsion adapté, des groupes diesel-alternateur qui alimentent un moteur électrique de propulsion. Il est fondamental de suspendre les sources de bruit à bord (moteurs, compresseurs, etc.) pour les désolidariser de la coque et éviter ainsi que leurs fortes vibrations se transforment en bruit rayonné dans l'eau. L'entretien du navire est tout aussi important. Une hélice détériorée ou une coque colonisée par des coquillages peuvent provoquer du bruit, voire de la cavitation. Il s'agit d'un phénomène très bruyant : des bulles d'air se forment et engendrent en explosant des ondes sonores qui couvrent un large spectre de fréquences. La cavitation peut aussi se produire à des vitesses élevées, mais nos navires ne sont pas concernés.

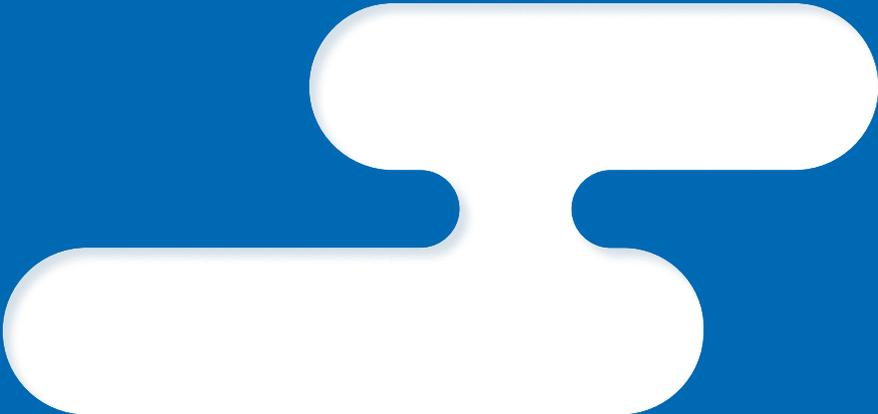
SUR QUOI PORTAIT L'ÉVALUATION DU LABEL GREEN MARINE EUROPE EN MATIÈRE DE BRUIT SOUS-MARIN ?

Les examinateurs étaient particulièrement vigilants à l'égard de ces phénomènes de cavitation. Le niveau de bruit de nos navires est scruté en permanence par l'intermédiaire des nombreuses antennes sonar disposées sur la coque. Ils ont aussi apprécié le protocole de moindre impact que nous avons mis en place concernant l'utilisation de certaines sources sonores. Lors des campagnes sismiques, nous recrutons des observateurs indépendants qui ont toute autorité pour interrompre les émissions si jamais des animaux susceptibles d'être affectés sont repérés à proximité. Ces observateurs consignent en outre beaucoup d'informations sur la faune qui sont ensuite transmises aux parcs et aux sanctuaires marins. L'obtention du niveau 5, le plus haut niveau d'évaluation, est également conditionnelle à la mesure de bruit de trois navires. Nous répondions à cette exigence, nos navires *Thalassa*, *L'Atalante*, et *Pourquoi pas ?* ayant été caractérisés du point de vue du bruit rayonné.

COMMENT S'EFFECTUENT CES MESURES ?

Nous avons développé une instrumentation spéciale pour caractériser le niveau de bruit de nos navires. Ce n'est pas évident. Il faut avoir une hauteur d'eau suffisante pour ne pas être gênés par les réflexions sur le fond, une météo clémente et des capteurs adaptés autour desquels nous faisons évoluer le navire. Nous testons plusieurs configurations d'utilisation des moteurs, en faisant varier leurs régimes.

C'est un travail assez lourd, mais qui nous permet de caractériser et de bien suivre nos navires dans la durée, de comparer les performances avant et après une modernisation. Et à chaque fois que les résultats sont insatisfaisants, nous nous efforçons de les améliorer.



**Développements
technologiques
et
numériques**





PREMIÈRES PLONGÉES DU VÉHICULE SOUS-MARIN AUTONOME (AUV) ULYX DEPUIS LE NAVIRE L'EUROPE

© Ifremer/T. Autin

ODYSSÉE DES GRANDS FONDS

ULYX, UN NOUVEAU VÉHICULE SOUS-MARIN AUTONOME POUR LES SCIENCES OCÉANIQUES

Fruit d'années de développement et dernier né de la Flotte océanographique française, Ulyx représente une rupture technologique par ses performances de navigation et son niveau d'équipements inédits. Grâce à lui, la France réaffirme son leadership dans l'exploration des abysses et rejoint le club très fermé des pays disposant d'un véhicule sous-marin autonome (AUV) capable de descendre à 6 000 mètres de fond. Tous les domaines des sciences océaniques bénéficieront de l'arrivée de ce joyau technologique : l'océanographie, les géosciences, l'étude de la colonne d'eau, la biologie et l'écologie des grands fonds. Il a en effet été conçu pour participer à un large éventail de missions, depuis l'étude des ressources minérales et des écosystèmes profonds jusqu'à la caractérisation biogéochimique des environnements.

Ulyx est innovant à plus d'un titre. Son autonomie de 24 à 48 h est une rareté à l'échelle de la planète. S'il détecte un détail intéressant sur une zone, il est capable d'interrompre sa course pour passer en mode stationnaire. Il sait à la fois voir de loin et étudier de près avec une résolution d'image proche de celle de l'œil humain : une capacité qu'il doit à un appareil photo de haute résolution développé par les équipes de l'Ifremer. Ulyx est équipé de sondeurs et de sonars acoustiques décrivant le relief et caractérisant les fonds, ainsi que de nombreux instruments pour la mesure de l'oxygène dissout, du méthane, des champs magnétiques... Il peut aussi prélever de l'eau pour des mesures physiques et chimiques.

En une seule immersion, Ulyx est capable de remonter une multitude d'informations, deux ou trois fois plus que lors des plongées réalisées avec les anciens équipements. Il est en outre « intelligent », capable de recouper un certain nombre d'indices pour détecter et explorer des zones d'intérêt telles que les cheminées hydrothermales ou les suintements froids de méthane.

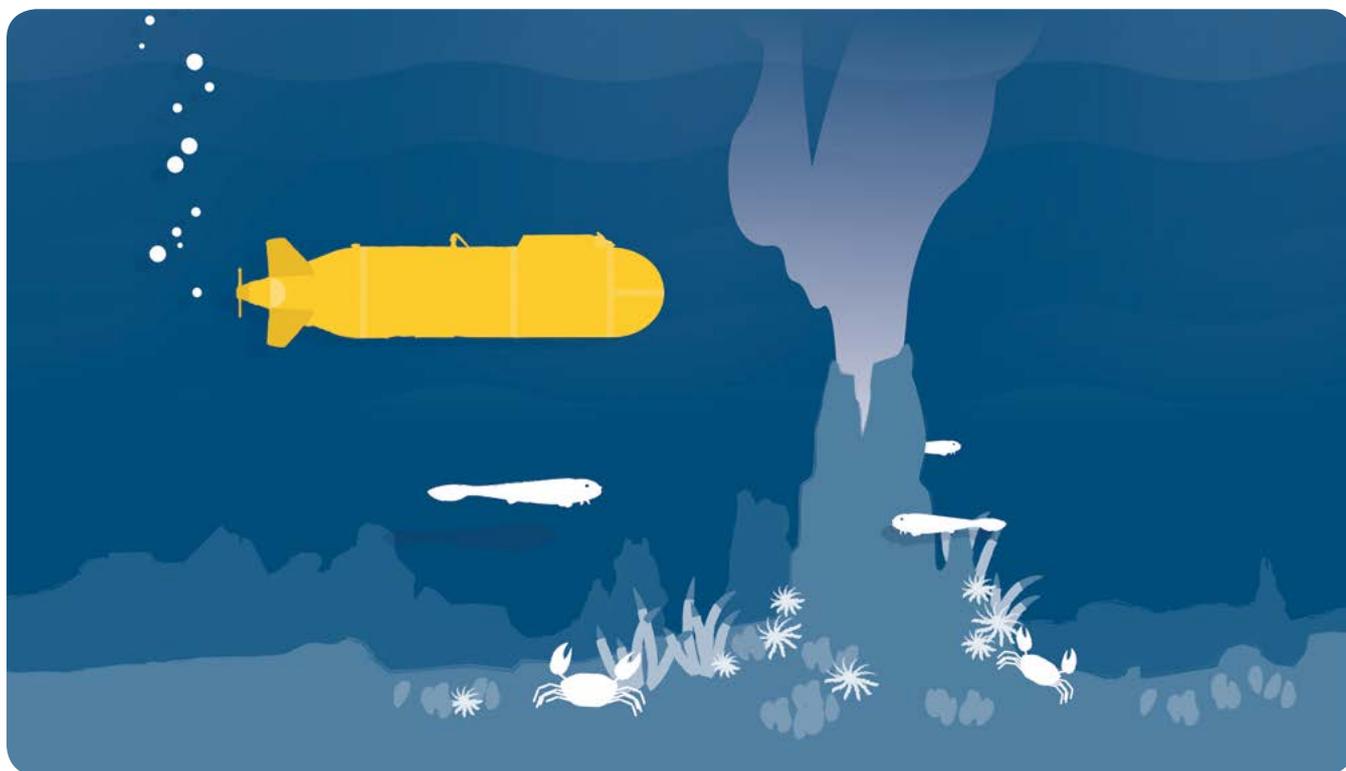
À terme, ses capacités pourront être améliorées par des algorithmes d'intelligence artificielle selon les besoins des scientifiques. Ulyx deviendra ainsi un engin « sur-mesure » au service des sciences océaniques.

Maître d'ouvrage du nouvel engin, l'Ifremer a mobilisé pendant 5 ans les compétences d'une quarantaine de scientifiques et d'ingénieurs de l'Ifremer, notamment de la direction de la Flotte océanographique, et d'une demi-douzaine d'entreprises innovantes, auxquels se sont joints des partenaires techniques de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Cet engin a pu voir le jour grâce aux financements conjoints de la Région, de l'État, de l'Europe, via le Fonds européen de développement régional (FEDER), et de l'Ifremer pour un montant total de 5,3 millions d'euros.

AU CŒUR DE LA STRATÉGIE DE MODERNISATION DES SUBMERSIBLES

L'unification de la Flotte océanographique française s'est accompagnée d'un travail de prospective sur les moyens d'intervention en grands fonds. Après une phase préliminaire de réflexion, un programme a été élaboré. Il s'articule autour de l'entrée en Flotte de l'AUV 6000 mètres Ulyx, de la modernisation du robot submersible téléguidé (ROV) Victor 6000 et du développement d'un second ROV d'intervention qui viendra à moyen terme remplacer le sous-marin habité *Nautilus*. Ce scénario vise à proposer les meilleures solutions pour accompagner et optimiser les campagnes scientifiques des vingt prochaines années.

Afin de disposer du meilleur éclairage possible concernant les ROVs, la direction de la Flotte océanographique a mandaté un groupe de travail regroupant un panel représentatif d'utilisateurs. Leurs réflexions ont permis de définir les évolutions à impulser pour que les nouveaux moyens développés répondent de manière optimale aux programmes scientifiques.



Trois axes de recherche ont été retenus pour qualifier les besoins : le système océanique (géologie, hydrologie, écosystème...), les ressources marines (biologiques, énergétiques et minérales) et le changement climatique avec toutes les questions de risque et de résilience associées.

Une première étape décisive a été franchie mi-2020 avec la restitution d'un dossier d'expression du besoin scientifique pour les projets de modernisation du ROV Victor 6000 et de développement du second ROV d'intervention en grands fonds. La rédaction et la validation des différents cahiers des charges sont en cours, bénéficiant d'un niveau de collaboration inédit entre équipes scientifiques et technologiques. Par ailleurs, un groupe élargi a été mis en place en 2020 pour identifier les axes d'innovation concernant les équipements scientifiques mis en œuvre sur les ROVs profonds. Ces réflexions ont abouti au projet DeepSea'nnovation qui a été retenu dans le cadre de l'appel à projets EquipEx PIA3.

Ce travail a conduit à formuler plusieurs pistes de progrès. Une partie des efforts portera sur l'amélioration de la perception de l'environnement sous-marin. L'idée est de s'appuyer sur les avancées actuelles en matière de réalité augmentée pour renforcer l'immersion de l'opérateur (module 3D, cartographie optique, courbes de niveau, projection des mouvements, etc.). Rendre le ROV plus maniable est un autre objectif majeur. De nouvelles manières de gérer la liaison fond-surface sont envisagées afin de réduire les temps de latence dus au câble. L'augmentation de la charge utile du ROV constitue le troisième axe : pouvoir embarquer plus de capteurs, d'équipements scientifiques ou encore de prélèvements est une demande quasi unanime des utilisateurs. L'ensemble de ces réflexions s'inscrit dans une démarche durable qui conduit à s'interdire désormais d'abandonner quoi que ce soit au fond, comme des ballasts matériels.

Présidé par Valérie Chavagnac (GET) et Pierre-Marie Sarradin (Ifremer/REM/EP), le groupe de réflexion est constitué d'une vingtaine de scientifiques du CNRS (IPGP, ENS, GET, LOV & SU Banyuls, LGO, MIO, CEREGE, AD2M), des universités marines (Brest), du Muséum national d'histoire naturelle et de l'Ifremer.

LA CARTOGRAPHIE D'HERBIERS : UNE NOUVELLE UTILISATION DES ACQUISITIONS ACOUSTIQUES

Les directives européennes sur la protection de l'eau et de l'environnement considèrent les herbiers de zostères comme des habitats d'intérêt majeur, nécessitant des mesures de gestion particulières. Ces prairies de plantes marines, véritables bio-indicateurs de la qualité des eaux côtières, servent en effet de lieu de reproduction et de nourricerie à de nombreuses espèces. Des chercheurs du projet Marha (*Marine Habitats*) se sont intéressés à leur répartition et à leur abondance en faisant pour cela un usage assez original des techniques acoustiques classiques. Puisant dans les équipements et les méthodes habituellement mises en œuvre en cartographie géologique et pour l'évaluation des ressources halieutiques, ils ont montré que des acquisitions acoustiques pouvaient servir à cartographier et analyser ces herbiers.

Depuis 2019, plusieurs campagnes ont été effectuées en ce sens sur l'*Haliotis*, équipé du sonar Geoswath et de plusieurs sondeurs monofaisceaux. L'objectif de ces mesures était triple : proposer une cartographie des zones de présence d'herbiers, discriminer la nature des herbes ou algues présentes (zostères, laminaires...), et en effectuer une évaluation d'abondance (densité dans les zones de présence). L'analyse des données acoustiques s'est toutefois avérée délicate, les sondeurs distinguant difficilement l'écho du fond marin de celui de la canopée de l'herbier. Afin de différencier les deux, les chercheurs ont développé de nouvelles méthodes s'appuyant sur les quantités d'énergie rétrodiffusées en fonction de la profondeur.

Les premiers résultats s'avérant cohérents, des analyses plus poussées des données obtenues avec les sondeurs monofaisceaux ont été initiées. Leur but est de fiabiliser cette discrimination entre « fond nu » et « fond avec herbier », et, idéalement, d'identifier le type d'algue en présence. Des critères complémentaires seront examinés : hauteur de canopée, niveau énergétique de l'écho de l'herbier et de celui du fond lié au substrat, etc. Il est également envisagé d'utiliser des techniques d'intelligence artificielle pour analyser les images.

Ces études sont très représentatives des transferts de méthodes acoustiques qu'il est possible de réaliser d'un usage classique vers une mise en œuvre innovante, mais aussi entre gros porteurs comme le *Thalassa* et plus petits comme l'*Haliotis*.

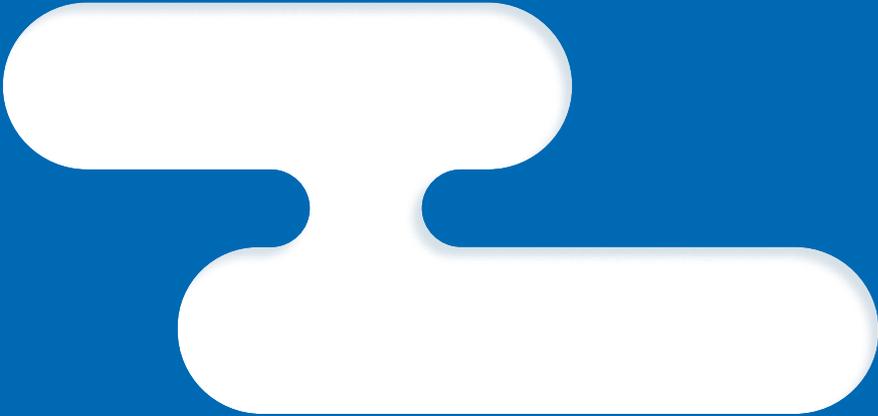
La situation va d'ailleurs bientôt s'inverser puisque les fruits des études réalisées sur l'*Haliotis* seront bientôt réinvestis pour la cartographie des coraux d'eau froide lors de la campagne Chereef sur le *Thalassa*, toujours dans le cadre du projet Marha.



ON RETROUVE LES HERBIERS DE ZOSTÈRES SUR LES SÉDIMENTS SABLEUX ET SABLOVASEUX INTERTIDIAUX ET INFRALITTORAUX DES CÔTES, NOTAMMENT DANS L'HÉMISPHERE NORD (OCÉAN ATLANTIQUE, MANCHE-MER DU NORD, MÉDITERRANÉE). © Ifremer / O. Dugornay



Liste des campagnes



ALIS**ESSTECH AL 2020**

MENKES CHRISTOPHE – IRD NOUMÉA

Essais techniques

Océan Pacifique

Mise en place d'un protocole de chalutage

«oblique» avec suivi des paramètres de géométrie du chalut.

KanaRecup

OLU KARINE – IFREMER

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes, environnement, géosciences et paléoclimatologie

Océan Pacifique

Récupérer des mouillages destinés à caractériser la dynamique des courants de fond, les masses d'eau, les flux particuliers et le matériel organique.

Seamount 2020

BALETAUD FLORIAN – IRD NOUMÉA

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes

Océan Pacifique

Caractériser la distribution tridimensionnelle des vertébrés marins sur 12 monts sous-marins et 4 récifs de l'archipel néo-calédonien.

SuperNatural 2

RODOLFO-METALPA RICCARDO – IRD NOUMÉA

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes

Océan Pacifique

Étudier les réponses des récifs coralliens au changement climatique.

Tonga Recup

GUIEU CÉCILE – INSTITUT DE LA MER DE VILLEFRANCHE (IMEV)

Recherche scientifique hauturière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes, physique, chimie et biogéochimie marine, océanographie

Océan Pacifique

Récupérer un mouillage et réoccuper 3 stations de fond.

ANTÉA**ESSTECH-AN-2020-1**

DANJON FRÉDÉRIC – GENAVIR

Essais techniques

Méditerranée

Calibration annuelle ER60 et vérification de fonctionnement des sondeurs (ER60, ADCP) et du bruit par fonds > 300m.

ESSTECH-AN-2020-3

REAUD YVAN – GENAVIR

Essais techniques

Océan Atlantique Nord

Travaux adaptation Kullenberg Antea.

ESSTECHMVP-2

FOURNIER PIERRE YVES – GENAVIR

Essais techniques

Méditerranée

Validation du MVP200 suite à l'arrêt technique début 2020 et aux avaries subies lors du transit de la mission Narval.

GeoBrest 2020

GRAINDORGE DAVID – UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE (UBO)

Enseignement

Géosciences et paléoclimatologie

Océan Atlantique Nord

Évolution des plates-formes continentales : description structurale et morphologique, enregistrement sédimentaire.

Resiste-AN-2020

SIMPLET LAURE – IFREMER

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes, géosciences et paléoclimatologie

Océan Atlantique Nord

Appréhender les capacités de résilience physique et biologique d'un ancien site d'extraction de granulats marins.

Solibob 2020

JACQUET MATTHIAS – IFREMER

Recherche scientifique côtière

Géosciences et paléoclimatologie, physique, chimie et biogéochimie marine

Océan Atlantique Nord

Observer l'impact des ondes internes et des solitons sur la dynamique sédimentaire du plateau du golfe de Gascogne.

Stockline 2

TESSIER BERNADETTE — UNIVERSITÉ DE CAEN
 Recherche scientifique côtière
 Géosciences et paléoclimatologie
 Manche
 Prospections géophysiques des stocks sableux
 subtidiaux le long des côtes normandes.

CÔTES DE LA MANCHE**Geobas 2020**

GAULLIER VIRGINIE — UNIVERSITÉ DE LILLE
 Enseignement
 Géosciences et paléoclimatologie
 Manche
 Relations tectonique et sédimentation
 en Manche orientale.

Master IGL Geophy 2020

TESSIER BERNADETTE — UNIVERSITÉ DE CAEN
 Enseignement
 Environnement, géosciences et paléoclimatologie,
 physique, chimie et biogéochimie marine
 Manche
 Mise en œuvre d'outils de géophysique marine
 et d'acquisition et de traitement/interprétation
 de données (sismiques et sonar).

MSTULR 2020

CHAUMILLON ERIC — UNIVERSITÉ DE LA ROCHELLE
 Enseignement
 Géosciences et paléoclimatologie
 Océan Atlantique Nord
 Bases scientifiques et méthodologiques
 de caractérisation des fonds marins
 (prélèvements et géophysique).

Orhago 2020

COUPEAU YANN — IFREMER
 Intérêt public côtier
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 halieutique et évaluation des ressources
 Océan Atlantique Nord
 Campagne de chalut à perche visant à compléter
 une série d'indicateurs d'abondance de la sole
 et d'état des peuplements ichtyologiques benthiques
 du golfe de Gascogne.

Phresque 2020-4

LE BERRE DAVID — IFREMER
 Recherche scientifique côtière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 environnement, physique,
 chimie et biogéochimie marine
 Manche
 Maintenance et calibration du réseau d'observation
 Coast-HF (optique et acoustique).

Rocchsed 2020

GROUHEL-PELLOUIN ANNE — IFREMER
 Intérêt public côtier
 Environnement
 Océan Atlantique Nord
 Suivi des contaminants chimiques
 dans les sédiments marins côtiers.

SeliLoire 2020

MAUFFRET AURELL — IFREMER
 Intérêt public côtier
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 physique, chimie et biogéochimie marine,
 environnement
 Océan Atlantique Nord
 Étude des effets biologiques intégrateurs
 de la contamination chimique chez
 des organismes marins.

Sogir 2020

NOWACZYK ANTOINE, DERRIENNIC HERVÉ -
 UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
 Observation
 Physique, chimie et biogéochimie marine
 Océan Atlantique Nord
 Observation long terme du milieu littoral
 en relation avec les changements climatiques
 et les pressions anthropiques.

Solibob 2020

DUFOIS FRANÇOIS — IFREMER
 Recherche scientifique côtière
 Géosciences et paléoclimatologie, physique,
 chimie et biogéochimie marine
 Océan Atlantique Nord
 Observer l'impact des ondes internes
 et des solitons sur la dynamique sédimentaire
 du plateau du golfe de Gascogne.

TP Gironde 2020

LUBAC BERTRAND — UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Enseignement

Environnement, physique, chimie

et biogéochimie marine

Océan Atlantique Nord

Découverte des moyens d'observation
modernes de l'océanographie côtière.**TPINT 2020**

POIZOT EMMANUEL — CNAM INTECHMER

Enseignement

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,

physique, chimie et biogéochimie marine

Manche

Acquisition de données géophysiques
et de données multidisciplinaires.**HALIOTIS****Epath**

GREGOIRE GWENDOLINE — CNAM INTECHMER

Recherche scientifique côtière

Environnement, géosciences et paléoclimatologie

Manche

Étude du continuum Terre-Mer de la Saire aux abords
de Tatihou et son évolution paléogéographique.**ESSTECH-HA 2020-1**

MORIN XAVIER — GENAVIR

Essais techniques

Océan Atlantique Nord

Essais techniques des équipements acoustiques

et des capteurs associés : Geoswath, sondeur

de sédiments (SDS), EK60/RoxAnn, Hydrins,

HDS800 (mode orpheon), Cinna, Bathycélérimètre

et Marégraphe Valeport.

ESSTECH-HA 2020-2

LANFUMEY VALENTINE — IFREMER

Essais techniques

Manche

Test des performances de la centrale inertielle

SBG Navesight Apogée équipée d'une carte GNSS

Septentrio en vue d'une intégration éventuelle

sur le *Côtes de la Manche* durant l'A/T 2021/2022.**L'ATALANTE****ATA-NOISE**

LE GALL YVES — IFREMER

Essais techniques

Océan Atlantique Nord

Mesure acoustique de bruit rayonné.

EURECA4 OA

SPEICH SABRINA — ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE

Recherche scientifique hauturière

Atmosphère, physique, chimie et biogéochimie

marine, météorologie

Océan Atlantique Nord

Étude de la dynamique océanique (mésos et sub-mésos
échelles) et des interactions océan-atmosphère.**Hiper**

GALVE AUDREY — LABORATOIRE GÉOAZUR

Recherche scientifique hauturière

Géosciences marines

Océan Pacifique

Étude de la structure crustale et de la sismicité
sur la marge équatorienne.**Med-Shom 2020**

DUMONT PIERRE-ANTOINE — SHOM

Mission Marine nationale

Méditerranée

Protevs Gib 2020

DUMONT PIERRE-ANTOINE — SHOM

Mission Marine nationale

Méditerranée

Shoman 2020

DUMONT PIERRE-ANTOINE — SHOM

Mission Marine nationale

Océan Atlantique Nord

L'EUROPE**EMSO KM3NET 2020**

LAMARE PATRICK ET BERTIN VINCENT - CNRS/CENTRE DE PHYSIQUE DES PARTICULES DE MARSEILLE (CPPM), GOJAK CARL - INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES de l'univers (INSU)
Recherche technologique
Technologie
Méditerranée
Technologie autour de l'observatoire EMSO KM3Net.

ESSAUV-20

JAUSSAUD PATRICK - IFREMER
Essais techniques
Méditerranée
Essais technologiques contributifs à l'évolution de la flotte sous-marine.

ESSCORAL 2020

BRIGNONE LORENZO - IFREMER
Recherche technologique
Technologie, Multidisciplines
Méditerranée
Validation opérationnelle du nouvel AUV 6000 m de l'Ifremer.

ESSHROV-2020

ARTZNER LAURENT - IFREMER
Essais techniques
Technologie
Méditerranée
Évolution technologique et opérationnelle du HROV Ariane.

Meditis

CERTAIN GRÉGOIRE ET JADAUD ANGÉLIQUE - IFREMER
Intérêt public côtier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes, environnement, halieutique et évaluation des ressources
Méditerranée
Observation et surveillance de la filière halieutique.

Pelmed

BOURDEIX JEAN-HERVÉ - IFREMER
Recherche scientifique côtière
Biologie et fonctionnement des écosystèmes, halieutique et évaluation des ressources, physique, chimie et biogéochimie marine Méditerranée
Évaluer les stocks de petits pélagiques et enrichir les connaissances sur l'écosystème pélagique.

ESS-GEN-EU-HROV-20

PLACAUD XAVIER - GENAVIR
Essais techniques
Méditerranée
Permettre de valider ARIANE à une immersion de 2500m suite à l'arrêt technique fin 2019

ESS-GEN-EU-AUV-20

SAINT-LAURENT XAVIER - GENAVIR
Essais Techniques
Méditerranée
Suite à l'AT Aster'X effectué en juin 2019, une campagne de validation du vecteur est nécessaire afin de garantir ses pleines capacités opérationnelles pour les missions à venir.

ESS-DEC-EU-2020

NEDELEC ERWAN - GENAVIR
Essais Techniques
Méditerranée
Essais moteurs de propulsion / groupes électrogènes et essais des équipements scientifiques «pêche» après une longue période d'inactivité halieutique

MARION DUFRESNE**Acclimate 2**

VAZQUEZ RIVEIROS NATALIA - IFREMER
Recherche scientifique hauturière
Géosciences et paléoclimatologie
Océan Atlantique Sud
Prélever des sédiments marins dans l'Atlantique Sud-Est afin de combler le manque de données paléocéanographiques.

Carottage BERGEN/CARDIFF

JAN HEIRET - BCCR NORCE - UNIVERSITÉ DE BERGEN / UNIVERSITÉ DE CARDIFF
Affrètement
Océan Atlantique Sud
Prélever des sédiments marins dans l'Atlantique Sud-Est

Mayobs 15

RINNERT EMMANUEL – IFREMER
 Recherche scientifique hauturière
 Géosciences et paléoclimatologie, physique,
 chimie et biogéochimie marine
 Océan Indien
 Suivi du phénomène volcanologique
 et sismologique qui touche l'île de Mayotte.

Nivmer

BRACHET CÉDRIC – INSTITUT NATIONAL
 DES SCIENCES DE L'UNIVERS (INSU)
 Recherche scientifique hauturière
 Océan Indien
 Relever deux mouillages marégraphiques
 pour mesurer les variations du niveau de la mer.

Ohasisbio-12

ROYER JEAN-YVES – UNIVERSITÉ DE BRETAGNE
 OCCIDENTALE (UBO)
 Recherche scientifique hauturière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 géosciences et paléoclimatologie
 Océan Indien
 Observatoire hydroacoustique de la sismicité,
 de la biodiversité et du bruit ambiant océanique :
 redéploiement du réseau d'hydrophones autonomes.

Oiso 30

LO MONACO CLAIRE – UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE
 Observation
 Physique, chimie et biogéochimie marine
 Océan Indien
 Étude des variations saisonnière, interannuelle
 et décennale du CO₂ océanique : échanges air-mer,
 accumulation de CO₂ anthropique et acidification
 des eaux.

Remobs

ENGELS MARTIN – INSTITUT FÉDÉRAL DE
 GÉOSCIENCES DE RESSOURCES NATURELLES (BRG) -
 ALLEMAGNE
 OFEG
 Géosciences et paléoclimatologie
 Océan Indien
 Récupérer 16 sismomètres de fond océanique.

POURQUOI PAS ?**ESS SIS1 PP**

BENON FRÉDÉRIC – GENAVIR
 Essais techniques
 Méditerranée
 Valider une source sismique spécifique dans le cadre
 de la mission Carapass-2021 demandée par le SHOM.

ESSROV-2020

ROSAZZA FRANCK – GENAVIR
 Essais techniques
 Méditerranée
 Essais sous-marin.

ESSTECH PP 2020

TRELUYER LOIC – GENAVIR
 Essais techniques
 Méditerranée
 Essais des équipements scientifiques après arrêt
 technique 2020 (Reson 7159, Reson 7111, OS38,
 OS150, gravimètre, DVL et capteurs associés :
 nav, attitude, centrale de synchro...).

Focus X1

GUTSCHER MARC-ANDRÉ – UNIVERSITÉ DE BRETAGNE
 OCCIDENTALE (UBO)
 Recherche scientifique hauturière
 Géosciences et paléoclimatologie
 Méditerranée
 Mise en œuvre d'un dispositif expérimental de fibre
 optique pour mesurer la déformation des fonds
 marins due à l'activité de failles tectoniques.

LuckyDivMic20

GODFROY ANNE – IFREMER
 Recherche scientifique hauturière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes
 Océan Atlantique Nord
 Dynamique temporelle et diversité des communautés
 microbiennes dans les édifices hydrothermaux actifs,
 processus de colonisation.

Marolis Penfeld

GARZIGLIA SÉBASTIEN – IFREMER
 Recherche scientifique hauturière
 Géosciences et paléoclimatologie, multidisciplines,
 technologie
 Méditerranée
 Géotechnique pour détecter les prémices
 de glissements de terrain sous-marins.

Momarsat2020

SARRADIN PIERRE-MARIE – IFREMER
 Recherche scientifique hauturière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 physique, chimie et biogéochimie marine,
 environnement
 Océan Atlantique Nord
 Maintenance annuelle de l'observatoire EMSO-
 Açores et acquisition de données complémentaires
 sur le champ hydrothermal Lucky Strike.

Nioz Antares

ROSAZZA FRANCK – GENAVIR
 Affrètement
 Méditerranée
 Inspection d'un mouillage de fond.

Perle 3

PUJO-PAY MIREILLE – OBSERVATOIRE
 OCÉANOLOGIQUE DE BANYULS
 Recherche scientifique hauturière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 physique, chimie et biogéochimie marine,
 Méditerranée
 Formation et propagation des eaux intermédiaires
 levantines, et leur rôle sur la distribution des
 nutriments et la structuration des écosystèmes
 planctoniques.

Sealex

MIGEON SÉBASTIEN – LABORATOIRE GÉOAZUR
 Recherche scientifique hauturière
 Géosciences et paléoclimatologie
 Méditerranée
 Identification et corrélation des dépôts sédimentaires
 sous-marins mis en place sur la marge ligure après
 le passage de la tempête Alex sur les Alpes Maritimes.

TÉTHYS 2**Cognac 20**

PONTE AURÉLIEN – IFREMER
 Recherche technologique
 Technologie
 Physique, chimie et biogéochimie marine
 Méditerranée
 Évaluation d'une stratégie de déploiement
 de flotteurs acoustiques autonomes pour l'étude
 de la circulation sous-meso échelle.

DEO2M

MOUSSEAU LAURE – INSTITUT DE LA MER
 DE VILLEFRANCHE (IMEV)
 Enseignement
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 environnement
 Méditerranée
 Apprentissage du travail à la mer et accès
 à la diversité biologique des zones profondes.

EMSO Antares 2020

LEFEVRE DOMINIQUE – INSTITUT MÉDITERRANÉEN
 D'OCÉANOLOGIE (MIO)
 Recherche scientifique côtière
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 physique, chimie et biogéochimie marine
 Méditerranée
 Maintenance et remplacement de la ligne
 instrumentale Albatross (mesure de flux
 de particules).

Geomast 2020

MICHAUD FRANÇOIS – LABORATOIRE GÉOAZUR
 Enseignement
 Géosciences et paléoclimatologie
 Méditerranée
 Dynamique tectonique et sédimentaire de la marge
 nord ligure par imagerie sismique légère.

Iado 2020

IRISSON JEAN-OLIVIER – INSTITUT DE LA MER
 DE VILLEFRANCHE (IMEV)
 Enseignement
 Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
 physique, chimie et biogéochimie marine
 Méditerranée
 Formation à la conduite d'une mission océanique.

Lasail 2020

BAILLEUL JULIEN – INSTITUT POLYTECHNIQUE UNILASALLE
 Enseignement
 Géosciences et paléoclimatologie
 Méditerranée
 École de terrain Terre-Mer en géosciences.

Metpag 2020

BOURRIN FRANÇOIS – UNIVERSITÉ DE PERPIGNAN
 Recherche scientifique côtière
 Géosciences et paléoclimatologie, physique,
 chimie et biogéochimie marine
 Méditerranée
 Mesures des caractéristiques des particules
 en suspension.

Moose Antares 2020

DIDRY MORGANE – INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'OCÉANOLOGIE (MIO), LEFEVRE DOMINIQUE – INSTITUT MÉDITERRANÉEN D'OCÉANOLOGIE (MIO)

Observation

Physique, chimie et biogéochimie marine,

Multidisciplines

Méditerranée

Observation à long terme des caractéristiques hydrologiques, biogéochimiques et biologiques en Méditerranée nord-occidentale.

Moose Boussole 2020

GOLBOL MELEK ,DIAMOND-RIQUIER ÉMILIE ET COPPOLA LAURENT – INSTITUT DE LA MER DE VILLEFRANCHE (IMEV)

Observation

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,

physique, chimie et biogéochimie marine

Méditerranée

Entretien de la bouée Boussole et acquisition de données bio-optiques complémentaires.

Moose Dyfamed 2020

GOLBOL MELEK ,DIAMOND-RIQUIER ÉMILIE ET COPPOLA LAURENT – INSTITUT DE LA MER DE VILLEFRANCHE (IMEV)

Observation

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,

physique, chimie et biogéochimie marine

Méditerranée

Observation à long terme des caractéristiques hydrologiques, biogéochimiques et biologiques en Méditerranée nord-occidentale.

Moose GE 2020

KUNESCH STÉPHANE, DURRIEU DE MADRON XAVIER – UNIVERSITÉ DE PERPIGNAN

Observation

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,

physique, chimie et biogéochimie marine

Méditerranée

Observation à long terme des propriétés physiques, biogéochimiques et biologiques des masses d'eau en Méditerranée nord-occidentale dans le contexte du changement climatique.

MORESCA 2 2020

LICARI LAETITIA – CENTRE EUROPÉEN DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT DE GÉOSCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT (CEREGE)

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes, environnement, géosciences et paléoclimatologie Méditerranée

Étude du métabolisme benthique et de la recolonisation par les foraminifères benthiques des sédiments du canyon de Cassidaigne impactés par les dépôts historiques de boue rouge.

MUG OBS 2020

HELLO YANN – LABORATOIRE GÉOAZUR

Recherche scientifique côtière

Environnement, géosciences et paléoclimatologie

Méditerranée

Redéployer une station pluridisciplinaire fond de mer autonome (réseau EMSO Ligure).

Simgap 2020

CARTON HÉLÈNE – INSTITUT DE PHYSIQUE DU GLOBE DE PARIS

Enseignement

Géosciences et paléoclimatologie

Méditerranée

Stage de sismique marine au niveau de la marge et du bassin Ligure.

THALASSA**CGFS 2020**

LE ROY DIDIER – IFREMER
Intérêt public hauturier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
environnement, halieutique et évaluation
des ressources
Manche
Collecte de données halieutiques et évaluation
des ressources.

ESSTECH-TL-2020

DUDUYER SARAH – IFREMER,
VAILLANT DANIEL – GENAVIR
Essais techniques
Océan Atlantique Nord
Tester le treuil sur la moitié de sa capacité,
soit 4 000 m de câble déployé à la mer.

Evhoe

LAFFARGUE PASCAL – IFREMER
Intérêt public hauturier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
environnement, halieutique et évaluation
des ressources
Océan Atlantique Nord
Collecte de données halieutiques
et évaluation des ressources.

Hydromomar 20

PERROT JULIE – UNIVERSITÉ DE PERPIGNAN
Recherche scientifique hauturière
Géosciences et paléoclimatologie
Océan Atlantique Nord
Surveillance à long terme de la sismicité
autour de la zone MoMAR (Açores).

IBTS2020

LAZARD COLINE – IFREMER
Intérêt public hauturier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
physique, chimie et biogéochimie marine,
environnement
Manche, Mer du Nord
Collecte de données halieutiques.

Pirata FR30

BOURLES BERNARD – INSTITUT DE RECHERCHE POUR
LE DÉVELOPPEMENT (IRD) CENTRE DE BRETAGNE
Recherche scientifique hauturière
Physique, chimie et biogéochimie marine
Océan Atlantique
Suivi et étude de la variabilité climatique
en Atlantique tropical.

THALIA**Benth'obs-BS 2020**

PEZY JEAN-PHILIPPE – UNIVERSITÉ DE CAEN
Recherche scientifique côtière
Biologie et fonctionnement des écosystèmes
Manche
Mise en place d'un suivi à long terme via deux
stations Benthos.

COSB2020

CAROFF NICOLAS – IFREMER
Intérêt public côtier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
halieutique et évaluation des ressources
Manche
Évaluation de l'abondance du stock de coquilles
Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc et inventaire
de la faune associée.

DCE-Benthos 2020

FOVEAU AURÉLIE – IFREMER
Intérêt public côtier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
environnement
Manche
Surveillance des masses côtières dans le cadre
de la DCE (macro-invertébrés benthiques)

ESSTECH-TH-2020

BISQUAY HERVÉ – GENAVIR
Essais techniques
Océan Atlantique Nord
Essais techniques des équipements acoustiques
et des capteurs associés, en vue des missions
Bassop 2020 : sondeur multifaisceaux EM2040,
sondeur de sédiments Peskavel.

Nurse 20

BRIND'AMOUR ANIK – IFREMER
Intérêt public côtier
Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
halieutique et évaluation des ressources
Océan Atlantique Nord
Échantillonnage sur les nourriceries côtières
du golfe de Gascogne.

Resiste-TH-2020

SIMPLET LAURE - IFREMER

Recherche scientifique côtière

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
géosciences et paléoclimatologie

Océan Atlantique Nord

Appréhender les capacités de résilience
physique et biologique d'un ancien site
d'extraction de granulats marins.**Sogir 2020**

DERRIENNIC HERVÉ — UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Observation

Physique, chimie et biogéochimie marine

Océan Atlantique Nord

Observation long terme du milieu littoral en relation
avec les changements climatiques et les pressions
anthropiques.**Solibob 2020**

JACQUET MATTHIAS - IFREMER

Recherche scientifique côtière

Géosciences et paléoclimatologie, physique,
chimie et biogéochimie marine

Océan Atlantique Nord

Observer l'impact des ondes internes et des solitons
sur la dynamique sédimentaire du plateau du golfe
de Gascogne.**TPINT 2020**

POIZOT EMMANUEL — CNAM INTECHMER

Enseignement

Biologie et fonctionnement des écosystèmes,
géosciences et paléoclimatologie, physique,
chimie et biogéochimie marine

Manche

Acquisition de données géophysiques
et de données multidisciplinaires.



Centre Bretagne
ZI de la Pointe du Diable
CS 10070
29280 Plouzané

Tél. 02 98 22 40 40
<https://wwz.ifremer.fr/>



Remerciements à l'ensemble
des personnes qui ont contribué
à la réalisation de ce rapport annuel

Rédaction
Éric Robert — Dire l'Entreprise

Conception graphique
Jérémy Barrault

Impression
Média Graphic

Ce document est imprimé sur du papier
Nautilus classic 100 % recyclé 300 g et 120 g.

IO 9285548

