

SEPTEMBRE 2010

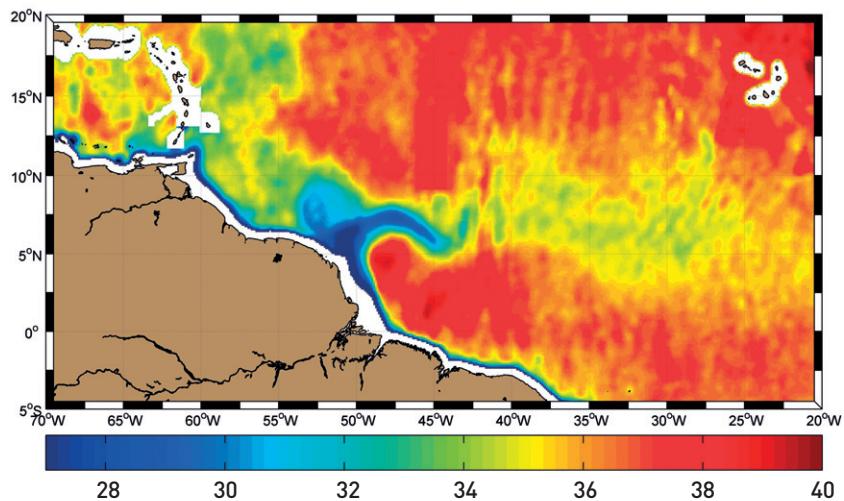
numéro

117

CATDS

Le sel vu du ciel

La mission SMOS [Soil Moisture and Ocean Salinity] mesure la salinité de l'océan et l'humidité des sols. Inauguré le 15 octobre à Brest, le Centre Aval de Traitement des Données SMOS analyse ces données essentielles pour la compréhension du cycle de l'eau et de l'évolution du climat.



Mesures de salinité de surface obtenues par SMOS pendant les 10 premiers jours d'août. On distingue les eaux peu salées du panache de l'Amazone (en bleu).

Le cycle de l'eau, à travers les terres émergées, l'atmosphère et les océans, est essentiel pour la vie sur Terre. Pourtant, ses liens avec la circulation océanique et le climat sont encore mal compris. La mission satellite SMOS, proposée par le CESBIO (Centre d'études spatiales de la biosphère) et conduite par l'ESA (Agence spatiale européenne), le CNES (Centre national d'études spatiales) et le CDTI (Espagne) a été lancée le 2 novembre 2009 dans le cadre du programme « Earth explorer ». Elle se fonde sur un nouveau concept de radiomètre micro-onde pour l'observation de la Terre qui permet de fournir, pour la première fois, des observations satellites de l'humidité superficielle des terres émergées et de la salinité de surface des océans. Ces deux variables, difficiles à quantifier précisément à l'échelle de la planète à l'aide de mesures *in situ*, sont cependant des paramètres géophysiques clés pour améliorer la compréhension du cycle global de l'eau et de l'évolution du climat.

Les missions satellites Aquarius/SAC-D et SMAP de la NASA, espérées entre 2011 et 2014, viendront bientôt compléter ce dispositif d'observation par satellite.

L'ESA a assuré le développement d'un centre de traitement des données SMOS : le DPGS (*Data Processing Ground Segment*) localisé à Villafranca en Espagne, chargé d'acquérir, traiter,

archiver et diffuser les mesures brutes de l'instrument ainsi qu'une première estimation (dite de niveau 2) de l'humidité des sols et de la salinité de surface à partir de la mesure du capteur. Dès le début du projet, le CNES et la communauté scientifique ont estimé nécessaire de prévoir des traitements plus évolués, dits de niveaux 3 et 4. Un centre dédié a donc été développé : le CATDS (Centre Aval de Traitement des Données SMOS).

SOL ET MER

Mis au point dans le cadre d'un partenariat stratégique entre le CNES et l'Ifrémer, le CATDS est un programme qui permettra d'obtenir des produits plus élaborés d'humidité des sols et de la salinité à la surface des océans, à partir des mesures SMOS seules (agrégation spatiale et temporelle), mais aussi en combinant les données issues de différents capteurs (*in situ* et satellites). Le CATDS assure leur production et leur diffusion à la communauté utilisatrice.

L'Ifrémer est intervenu dans ce projet en assistance à la maîtrise d'ouvrage dirigée par le CNES. Le CATDS est dirigé à l'Ifrémer par Nicolas Reul (voir entretien), dont l'arrivée au Laboratoire d'Océanographie Spatiale en 2000 a marqué le début des activités de recherche et développement sur la télédétection de la salinité de surface

des océans par l'institut. Parallèlement au développement conceptuel et technique du satellite (voir page 2), de nombreuses études préliminaires ont été conduites pour définir des méthodes de restitution de la salinité à partir des mesures spatiales du radiomètre. Ces travaux se sont notamment réalisés en collaboration avec les équipes françaises du laboratoire LOCEAN et des sociétés ACRI-ST, CLS, et les équipes espagnoles de l'Université Polytechnique de Catalogne et de l'Institut des Sciences de la Mer.

Le CATDS est constitué de trois entités : un centre de production des données humidité et salinité utilisant en partie le supercalculateur Caparmor et un centre d'expertise salinité, tous deux opérés par l'Ifrémer à Brest, ainsi qu'un centre d'expertise humidité, opéré par le CESBIO à Toulouse.

Le Centre produit simultanément les données sur l'océan et sur les terres émergées en vue notamment d'étudier les interactions hydrologiques entre ces deux milieux. Les produits qualifiés de salinité de surface réalisés par satellite intéressent une large communauté scientifique. Ils seront utilisés par les modélisateurs de la circulation océanique, les climatologues, les équipes qui analysent la biogéochimie, les propriétés optiques et les capacités d'absorption en CO₂ de la surface des océans.

Aujourd'hui, l'activité du CATDS va compléter naturellement celle du Centre d'Expertise et Recherche de données SATellite (CERSAT) de l'Ifrémer, qui collecte, traite et archive déjà des données vent, vagues, températures de surface et glaces de mer. Il s'intègre dans le système d'océanographie opérationnelle développé par l'Ifrémer et ses partenaires. La mise en place du CATDS coïncide également avec la montée en puissance du réseau d'observation *in situ* Argo et du centre Coriolis dédié.

En multipliant les efforts pour recueillir des paramètres et des indicateurs sur les états physique, chimique et biologique de l'océan, cet ensemble de moyens constitue un système qui permet de donner une vision détaillée, synoptique, cohérente et continue des océans.

Interview



Nicolas Reul

Responsable Ifremer
du CATDS

**Au service
de la communauté
scientifique**

Quel a été votre parcours et quel est votre rôle aujourd'hui ?

Je suis spécialiste en mécanique des fluides et électromagnétisme, avec un doctorat sur la dynamique des vagues et des expériences professionnelles à Marseille, puis aux États-Unis, à Miami. Arrivé en 2000 au Laboratoire d'Océanographie Spatiale de l'Ifrémer, embauché fin 2002, j'ai immédiatement dédié mes recherches au problème de la restitution de la salinité depuis l'espace, et je suis aujourd'hui responsable du CATDS à l'Ifrémer.

Quelle est sa mission ?

Les données de niveau 2 obtenues par la mission satellite SMOS restent difficiles à utiliser directement pour l'océanographie car beaucoup de « bruits » les parasitent : les effets des vagues, des variations de la température, des rayonnements extra-terrestres (soleil, galaxie)... La précision de la

suite page 2 ▶

suite de la page 1

mesure instantanée du satellite est ainsi assez faible, de l'ordre d'un gramme de sel par litre d'eau. Les océanographes souhaitent obtenir des produits de salinité de surface dix fois plus précis, à une résolution spatio-temporelle de 100x100 km sur des périodes variant entre 10 jours et 1 mois. Depuis plus de 750 km d'altitude ce n'est pas simple ! Au centre d'expertise sur la salinité du CATDS, nous développons de nouvelles méthodologies de traitement (combinaison de données, filtrage, etc.) pour atteindre cet objectif. Aujourd'hui, nous obtenons déjà une très bonne précision sur le Pacifique Tropical, ce qui nous permet d'espérer atteindre assez rapidement nos objectifs sur le globe.

► Quel type de données fournissez-vous ?

L'ESA s'arrête à la production de données brutes, dites de niveaux 1 et 2. Ici, les moyens du CATDS et l'expertise scientifique sont mis en commun pour définir des produits dits évolués de niveau 3 et bientôt 4. Avec le lancement en 2011 du satellite Aquarius, un deuxième jeu de données de salinité de surface s'ajoutera aux données SMOS et enrichira les produits. Notre rôle est de restituer de la cartographie, des « jeux de salinité » qui puissent intéresser les océanographes. Nous allons distribuer des champs de salinité globaux de 10 jours à un mois, mais également des données journalières pour estimer des évolutions rapides, comme à l'embouchure des grands fleuves.

► Et quels sont les utilisateurs de telles données ?

Nous travaillons avec des océanographes qui s'intéressent à la circulation océanique ou à l'absorption du CO₂, et peuvent intégrer nos données dans leurs modèles. Les biologistes et les biogéochimistes sont également des utilisateurs potentiels. Après le succès des données satellite de température, de couleur de l'océan et d'altimétrie, il manquait la variable de la salinité, qui se trouvait jusqu'alors confrontée à une limite technologique. Avec SMOS et son instrument audacieux, et bientôt Aquarius, le CATDS et ses partenaires sont engagés pour les dix prochaines années dans l'élaboration de produits évolués au service de la communauté scientifique.

SMOS, une première technologique

Avec une technologie empruntée à l'astronomie, le radiomètre interférométrique SMOS permet d'obtenir une résolution spatiale de quelques dizaines de kilomètres.



Vue d'artiste du satellite SMOS.

Installé sur une plateforme Protéus, SMOS a été lancé en novembre 2009.

Le satellite effectue des passages sur un même secteur tous les trois jours avec une résolution d'environ 43 km. Depuis une altitude de 750 km, il couvrira une zone de près de 3 000 km de diamètre. Pour capter la salinité et l'humidité, il dispose d'un ensemble de petites antennes disposées sur une structure déployée en Y. Ce dispositif d'une sensibilité inégalée s'inspire des antennes utilisées en radioastronomie qui captent les signaux provenant de l'espace. La prouesse ici est notamment d'avoir concentré l'antenne sur seulement huit mètres de large avec néanmoins un haut niveau de résolution. Le système capture des images de rayonnement micro-onde émis à une fréquence de 1,4 GHz pour une longueur d'onde de 21 cm (la bande L). SMOS transporte en fait le tout premier radiomètre interférométrique 2D spatial sur orbite polaire. C'est ce nouvel outil qui permet de mesurer à la fois l'humidité des sols et la salinité des océans lors d'un unique balayage de la Terre.

La quantité d'eau dans les sols de la planète ne cesse d'évoluer. La variation d'humidité est essentiellement régie par différents taux d'évaporation et de précipitation. Ce même phénomène, mais aussi la fonte ou la formation des glaces et les panaches des grands fleuves, créent, dans les océans, des zones moins salées que d'autres.

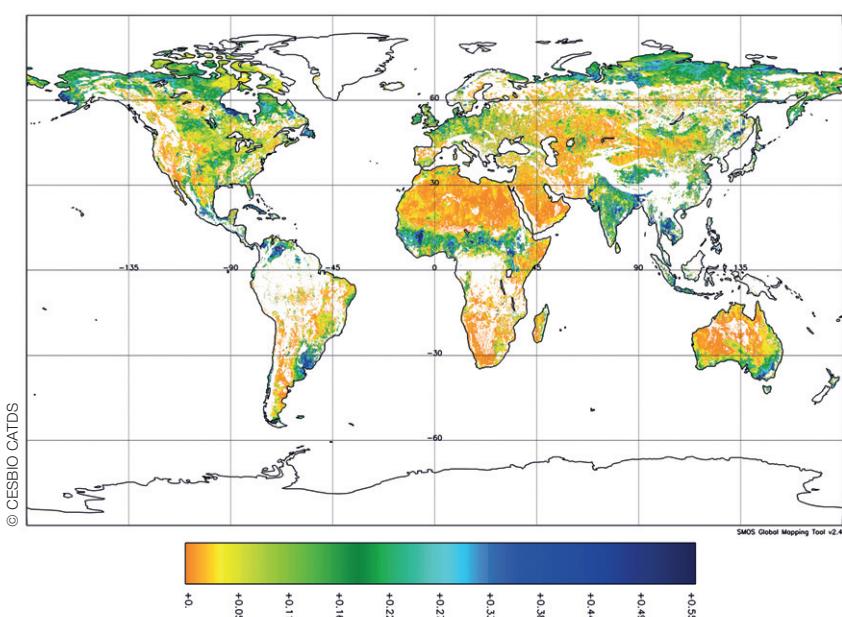
La variabilité de l'humidité des sols et de la salinité des océans est due à l'interaction continue entre les océans, l'atmosphère et les terres émergées. C'est le cycle de l'eau. Mais si l'il maintient la vie et contrôle le climat, ce système fondamental reste

Mexique, pour plonger à l'approche du Groenland où il est enrichi des eaux froides et non-salées de la fonte des glaces. Les variations de salinité freinent la course des courants. À terme, elles modifieront encore plus le climat puisque ces courants jouent un rôle fondamental dans sa modération en apportant la chaleur de l'équateur vers les pôles.

La salinité mesurée des océans correspond à la quantité de sel contenu dans les tout premiers centimètres. SMOS étudie donc la surface des océans. En 1978, l'Unesco a défini une unité de mesure de la concentration des sels dissous dans l'eau : la « practical salinity unit » (PSU) ou unité de salinité pratique. 1 PSU correspond à 1 gramme de sel par kilogramme d'eau. L'eau de mer a une salinité moyenne d'environ 35 PSU. Elle est maximum aux latitudes subtropicales (l'évaporation dépasse les précipitations) et moins saline autour de l'Équateur et dans les latitudes plus élevées (pluies, fonte des glaces, chutes de neige).

L'humidité, elle, est une mesure de la quantité d'eau dans une quantité donnée de matière, généralement exprimée en pourcentage gravimétrique ou volumétrique. Les valeurs d'humidité des sols peuvent osciller entre quelques pour cents dans des zones arides et 40 % dans des zones humides.

SMOS propose des cartographies tous les trois jours pour les sols et tous les trente jours pour les océans. L'objectif est d'atteindre une précision sur la mesure de l'ordre de 0,1 PSU, à des échelles de l'ordre de 100 à 200 km, et sur des périodes variant entre 10 jours et 1 mois.



Les données SMOS permettent de réaliser des cartes d'humidité superficielle des sols, comme cette représentation synthétisant trois jours de données, du 14 au 16 août 2010, à l'échelle de la planète.

Yann Kerr – CESBIO (Centre d'études spatiales de la biosphère)

« Nous suscitions beaucoup d'intérêt »

➤ Vous êtes directeur du CESBIO. Quel est son rôle ?

Il s'agit d'une unité mixte de recherche qui associe le CNES, le CNRS, l'Université Toulouse 3 et l'IRD. Depuis 1995, biologistes et physiciens y travaillent en synergie sur les thématiques des terres émergées et le cycle de l'eau. Nous utilisons beaucoup de données satellitaires et sommes à l'origine de plusieurs missions spatiales.

➤ Quelle est l'importance d'une meilleure connaissance de l'humidité des sols et de la salinité de la mer ?

L'humidité des sols constitue un point de départ dans les échanges surface/atmosphère. Elle a un rôle essentiel dans les échanges d'eau. La connaissance des eaux en surface permet de mieux estimer celles présentes dans la zone des racines de la végétation. Ces données sont utiles pour améliorer la gestion des ressources en eau. On peut aussi, par exemple, mieux appréhender le développement d'une population de criquets dans une zone aride, car



© C. Leprieur/CESBIO

il nécessite une certaine humidité. Cela permet de traiter une invasion en amont plutôt que le nuage. La connaissance de la saturation des sols est aussi importante dans la prévision des inondations : seront-ils capables d'absorber ou y aura-t-il ruissellement ? Enfin, via le ruissellement, l'humidité impacte la salinité des zones côtières que l'on souhaite mieux étudier à l'avenir.

➤ Avec quels utilisateurs travaillez-vous ?

Le plus important est la météo. Pour le moment, le Centre européen de prévision à moyen terme récupère les données et les utilise en temps quasi-réel à titre de test. Météo-France est aussi en première ligne. Mais, comme dans le cadre de l'océanographie opérationnelle, des groupes de scientifiques et des organismes sont très intéressés : pour la gestion des ressources en eau, des bassins versants ou même des barrages. La FAO a aussi des projets en Afrique...

➤ Comment l'Ifremer et le CESBIO ont-ils été amenés à collaborer ?

L'origine de SMOS remonte à la fin des années quatre-vingt. Seule la radiométrie basse fréquence était adaptée, mais elle nécessitait ce procédé inédit emprunté aux radioastronomes pour faire des mesures d'humidité et salinité. Il a alors fallu convaincre les décideurs de tenter ce projet risqué. Pari que le CNES puis l'ESA ont accepté. Ensuite, l'Ifremer a aidé à concrétiser le projet.

Aujourd'hui, notre collaboration est très étroite. Nous cherchons constamment à optimiser les caractéristiques pour satisfaire les deux aspects de la mission.

➤ Quel premier bilan faites-vous de l'expérience et quel est l'avenir ?

Le satellite fonctionne mieux que prévu. Nous ne pensions disposer des cartes globales et des animations réalisées que dans un an ! Nous sommes encore en mission exploratoire, mais nous suscitions beaucoup d'intérêt. Nous avons de nombreuses demandes pour nos données de la part d'organismes qui souhaitent intégrer dans leur modèle une mesure réelle, et non plus une simple variable d'ajustement.

La suite ? Ce sera d'abord des propositions de suites opérationnelles. Nous proposons aussi une nouvelle mission avec une résolution de l'ordre du kilomètre pour la terre et une sensibilité 20 à 100 fois plus fine pour la mer. Dans les deux cas, on pourra alors approfondir notre connaissance des zones côtières.

Geneviève Campan – CNES (Centre national d'études spatiales)

« Vers des produits très élaborés »

➤ Vous êtes sous-directrice des Missions et exploitations de données au CNES. Quel est le rôle de ce département ?

Notre mission démarre lorsque le satellite ou l'instrument entre en phase d'exploitation, soit une fois le satellite en orbite, même si nous intervenons sur cette phase longtemps à l'avance pour sa préparation. C'est cette phase qui consacre la réussite de la mission, et le rôle de ma sous-direction est de s'assurer que, durant cette phase pour toutes les missions où le CNES a contribué en phase de développement, les utilisateurs vont disposer de données en temps et qualité que ce soit à des fins de recherche ou d'application. Le CNES est investi dans de nombreux projets dont plus de 95 % sont réalisés dans le cadre de collaborations. C'est le cas pour SMOS avec l'ESA, mais nous travaillons aussi avec la NASA, la NOAA, et de nombreux partenaires internationaux. Notre travail porte sur la programmation des instruments, la réception des don-

nées, leur calibration et validation, la mise à disposition pour utilisation et valorisation que nous accompagnons également.

➤ Quelle est, à ce titre, votre collaboration avec l'Ifremer ?

Notre collaboration avec l'Ifremer est ancienne en matière d'océanographie et altimétrie que ce soit par exemple avec Mercator Ocean et le projet My Ocean, ou pour la préparation de missions futures. Dans le cadre du projet SMOS qui délivre dans un premier temps des données de niveaux 1 et 2, données inédites sur la salinité et l'humidité recueillies ensemble pour la première fois, le CNES a décidé de contribuer à des moyens importants, nécessaires, pour renforcer l'expertise. Nous avons opté pour une approche intégrée en développant deux centres, l'un opéré par CESBIO à Toulouse et l'autre par l'Ifremer à Brest. Tous les deux, chacun dans leurs champs de compétences, sont capables de



© CNES

délivrer des données de niveaux 3 et 4.

Le CATDS est en cours de qualification et sera un élément essentiel dans les liens entre les scientifiques et les utilisateurs. Il est important

pour la communauté scientifique d'aller le plus loin possible vers des produits très élaborés. Sur cette nouvelle observation de l'hydrologie et de la salinité, données primordiales pour la gestion de l'eau, la climatologie, l'expertise française est forte avec une longueur d'avance et il est important de la maintenir et la valoriser.

➤ Ce type de collaboration « espace/sol » est-il fréquent ?

Les données spatiales seules sont enrichies par des croisements avec des données *in situ* (terre, mer, air), et des modèles. Le « triptyque » données spatiales, données *in situ* et modèle est très souvent la base des produits de haut niveau. Nous sommes à un tournant. Les nouvelles observations spatiales possibles s'avèrent de plus en plus compliquées au niveau physique de la mesure. Cela implique que nous allions vers toujours plus de complémentarité entre les programmes.

Victor 6000 teste ses nouveaux équipements

Le robot télé-opéré Victor 6000, capable de plonger jusqu'à 6 000 mètres de profondeur, sort de six mois de rénovation au Centre Ifremer Méditerranée basé à La Seyne-sur-Mer.

Le premier grand carénage de *Victor 6000* est destiné à garantir son opérabilité pour dix nouvelles années d'exploration au fond des mers. Pour cela, le robot a été entièrement démonté afin de réaliser de profondes modifications sur l'ergonomie de pilotage, l'instrumentation, l'optique, l'architecture électronique et l'informatique embarquée. Depuis le mois d'avril 2010, les équipes de l'Ifremer et de l'armateur Genavir se mobilisent pour ré-assembler ce gigantesque puzzle technologique.

Après ce grand carénage, *Victor 6000* a pris la mer à bord du navire océanographique *Pourquoi pas?*, entre le 6 et le 20 septembre, pour une phase d'essais au large des côtes varoises. Il sera ensuite mis à disposition pour une campagne opérationnelle scientifique aux Açores.

D+ d'infos : en lisant le dossier de presse sur http://www.ifremer.fr/institut/actualites/communiques/2010/essais_victor_6000

© Ifremer / M. Gouillou



Remontée de *Victor 6000*, robot téléopéré de l'Ifremer, sur le navire *Pourquoi pas?*

Biodiversité marine : nouvelles priorités

Une expertise collective sur les priorités de recherche de l'Ifremer en matière de biodiversité marine a été remise à Chantal Jouanno, Secrétaire d'Etat chargée de l'Écologie.

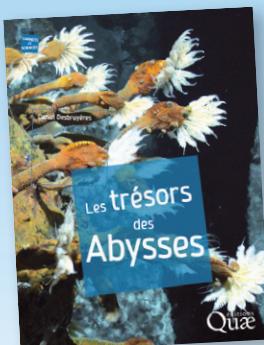


© Ifremer / D. Peletier

Réalisée à la demande de Jean-Yves Perrot, Président-Directeur général de l'Ifremer, et grâce au soutien financier du Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, l'expertise, réalisée en cette Année internationale de la biodiversité, a associé un groupe d'experts français et étrangers. Présidé par Gilles Bœuf,

Président du Muséum national d'Histoire naturelle, ce groupe a élaboré, de janvier à mai 2010, un rapport de réflexion sur l'état des connaissances en matière de biodiversité marine, qui confronte les résultats de cette analyse aux spécificités de l'Ifremer. L'expertise a défini pour l'Institut cinq axes prioritaires de recherche déclinés en sept projets.

Éditions



« Les Trésors des abysses »

Daniel Desbruyères
Editions Quæ, collection Carnets de sciences.

Débutée dans la seconde moitié du XIX^e siècle, l'étude du domaine océanique profond a progressé au rythme des innovations technologiques, puis,

à partir de la moitié du XX^e siècle, du développement des engins submersibles. Durant les trente dernières années, une petite communauté de scientifiques a montré que ce milieu, loin d'être un immense désert hostile, peuplé de rares organismes, peut parfois se révéler riche de vie, et receler d'importantes ressources minérales et énergétiques. Ce livre entraîne le lecteur à plonger parmi ces « peuples de la nuit ». Bonne exploration !

Prix : 22 €, parution le 15 octobre.

« Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale »

Jocelyne Martin
Editions Quæ, collection Guide pratique.

Ce guide d'identification décrit, par famille, plus de 500 espèces d'inver-

tébrés susceptibles d'être récoltées dans un chalut, du golfe de Gascogne à la Manche orientale. Réparties en huit embranchements, ces espèces appartiennent principalement aux groupes des crustacés décapodes, des mollusques et des échinodermes. Cet ouvrage est destiné aux biologistes marins, mais également aux naturalistes amateurs.

Prix : 45 €, parution le 1^{er} décembre.



+ d'infos : www.quae.com

Ces deux ouvrages ont reçu le label de l'Année internationale de la biodiversité.

Directrice de la publication : Pascale Pessey-Martineau - Rédactrice en chef : Clémentine Jung

Rédacteur du dossier : Dominique Guillot, avec la participation de Nicolas Reul.

Ont contribué à ce numéro : Johanna Martin et Erick Buffier [brèves], Pierre Baron [colonne flotte], Nelly Courtay [éditions].

Ifremer : Siège social et rédaction : 155, rue Jean-Jacques Rousseau - 92138 Issy-les-Moulineaux cedex

Flotte & engins

L'Atalante parcourt la zone économique exclusive (ZEE) française de Wallis et Futuna pour la mission FUTUNA jusqu'au 23 septembre. Puis avec la mission WALLIS (26 septembre au 10 octobre), des levés bathymétriques sont réalisés dans le cadre du programme français d'extension du plateau continental. EVALHYDRO (27 novembre au 6 décembre) permettra ensuite d'évaluer les performances hydrographiques des sondeurs multifaisceaux.

Pourquoi pas? effectue une mission (6 au 20 septembre) d'essais du ROV *Victor 6000*. Avec MOMARSAT (1^{er} au 16 octobre), il installe un observatoire fond de mer sur le champ hydrothermal Lucky Strike (Les Açores).

Thalassa réalise la campagne annuelle EVHOE (18 octobre au 2 décembre) afin d'évaluer, pour le CIEM l'impact de la pêche sur les peuplements dans le golfe de Gascogne.

Le Suroît participe à la mission MODPOS (26 septembre au 7 octobre), qui procède au large de Toulon à des essais de divers prototypes. Puis CARAMBAR (31 octobre - 29 novembre) étudie un système gravitaire carbonaté sur une pente au large de Nassau.

L'Europe réalise des profils sismiques très haute résolution dans le golfe du Lion avec VALINCI 5 (5 au 16 octobre). Les missions ROBOMOS (18 au 27 octobre) puis DIVACOU 4 (28 octobre au 8 novembre) travaillent toutes deux sur des engins sous-marins au large de Toulon.

Thalia étudie lors de GRANIMP (6 au 16 octobre) les impacts morpho-sédimentaires de l'extraction de granulats sur les fonds marins de la baie de Seine. Du 30 octobre au 9 novembre, la campagne NASTECH effectue des essais de nasses à poisson au large de Concarneau.

Gwen Drez collecte lors de CGFS 2010 (1^{er} au 31 octobre) des données de base pour une estimation de l'état des ressources dans la Manche (programmes SIDEPECHE et DEMOSTEM). Puis la mission ORHAGO 10 (3 novembre au 9 décembre) réalise une observation des ressources halieutiques benthiques du golfe de Gascogne.

Site flotte : www.ifremer.fr/flotte