

Ovide ou les métamorphoses de l'océan

Le 21 mai, des scientifiques embarquaient à Lisbonne pour la campagne Ovide. Objectif ? Étudier la variabilité de l'Océan Atlantique Nord, et en particulier du courant Nord Atlantique, extension septentrionale du Gulf Stream, afin de mieux comprendre son impact sur le climat. Les Nouvelles plongent au cœur de cette campagne. Erik Orsenna, passionné des courants marins et auteur d'un Portrait du Gulf Stream, introduit ce dossier.



© Ifremer / Ovide 2006

Au cours de la campagne Ovide 2006 (Observatoire de la Variabilité Interannuelle à DEcennale en Atlantique Nord), sur le navire océanographique allemand MS Merian.

« Le Gulf Stream transporte vers le nord-ouest de l'Europe les eaux du golfe du Mexique chauffées à blanc par le soleil tropical. Ce sont des eaux salées car elles ont été soumises, dans la première partie de leur parcours, le long des côtes torrides de Louisiane et de Floride, à de fortes évaporations.

Ces eaux superficielles chaudes et salées arrivent en Mer de Norvège. Elles y sont bientôt refroidies par les vents glacés qui dévalent du Pôle et brassées par les tempêtes. Devenues froides et toujours

salées, ce sont maintenant des eaux denses, lourdes. Qui plongent.

Cette plongée des eaux de surface n'est pas uniforme. Elle se produit dans des colonnes, des sortes de cheminées d'un kilomètre de diamètre. Soudain, suite à d'infimes variations de température et de salinité, les eaux de surface s'enfoncent et descendent vers le fond à grande vitesse. Ces cheminées sont difficilement repérables car elles se promènent entre Groenland, Labrador et Norvège.

Se constitue ainsi, dans les très grandes profondeurs, un courant qui descend vers le sud. Le grand voyage continue. Le courant longe l'Antarctique et gagne le Pacifique. Suite à un lent, très lent mouvement de diffusion, les particules d'eau se réchauffent et donc s'allègent. Elles remontent vers la surface.

Alors le courant repart vers l'ouest ; traverse l'Océan Indien ; reçoit, à l'est de Madagascar, l'apport du violent courant des Aiguilles (qui continue la branche sud du courant équatorial) ; franchit le Cap de Bonne Espérance, débouche dans l'Atlantique. Cap au nord. Retrouvailles avec le courant équatorial sud qui l'emporte plein ouest vers ... le golfe du Mexique et le Gulf Stream.

La boucle immense est bouclée. Elle aura duré 1500 ans.

Wally Broecker a baptisé cette odyssée le « tapis roulant » (conveyor belt). [...]

Les océans sont parcourus de tuyaux superposés (les courants), les uns transportant du froid, les autres du chaud. L'ensemble constituant un formidable système de climatisation. Qui, comme tous les systèmes, peut se dérégler. »

Extrait de *Portrait du Gulf Stream*

Interview

Pascale Lherminier,
océanographe physicienne



“ Décrire l'océan et ses mouvements ”

→ Qu'est-ce qu'un océanographe physicien aujourd'hui ?

L'océanographe physicien a depuis toujours le souci de décrire l'océan et ses mouvements. À l'exemple de Benjamin Franklin, qui cartographia le Gulf Stream en 1785, nous sommes toujours attachés à l'étude des courants marins. Mais nous voulons aujourd'hui déchiffrer et prévoir les processus qui mettent en mouvement l'océan. Peut-être devrait-on parler maintenant d'océanologue ?

L'observation de l'océan est notre première activité : nous définissons des expériences afin d'élucider des mécanismes. Nous disposons aujourd'hui d'un vaste éventail d'instruments, depuis le thermomètre jusqu'aux satellites ultra-perfectionnés. Mais nous nous posons souvent les mêmes questions sur l'océan :

Lire suite page 2 ▶



© Olivier Mesnier

quel est son rôle au sein de la machine thermique « Terre » ? Son avenir ressemblera-t-il à son histoire ? Outre les mesures classiques (température, salinité, courants), les mesures de tracers chimiques permettent de caractériser l'eau et son origine.

La seconde activité est de simuler, via les modèles, les mouvements et les propriétés de l'océan. Une partie de notre communauté s'y consacre entièrement.



Une bathysonde, outil essentiel de la campagne Ovide.

Quelles sont les activités du Laboratoire de Physique des Océans (LPO), auquel vous appartenez ?

Ce laboratoire mixte de recherche Ifremer/UBO/CNRS, a deux missions principales : la recherche sur la circulation océanique et l'enseignement. Il enrichit les connaissances des mouvements de l'océan sur des échelles de temps s'étalant de quelques heures à quelques milliers d'années. Ses activités sont principalement concentrées sur l'Atlantique.

Au sein du laboratoire, j'appartiens à une équipe avec laquelle je pars régulièrement pour des campagnes en mer. Données et modèles de l'océan sont ensuite utilisées conjointement afin de valider des théories ou d'en bâtir de nouvelles.

Que reste-t-il à apprendre de la mer ?

À mon sens, l'objectif est aujourd'hui de mieux appréhender la variabilité naturelle de l'océan, son impact sur le climat et de pouvoir mesurer l'influence de l'homme. C'est la question que la société se pose et le problème que nous essayons de résoudre. Mais les observations sont toujours incomplètes, les modèles plus ou moins proches de la réalité. Grâce à la complémentarité de ces outils, nous progressons.

Mais ce que la mer ne manque jamais de nous enseigner, c'est l'humilité.

Du Portugal au Groenland, pour observer les évolutions du tapis roulant

Tous les deux ans, des chercheurs effectuent une section hydrographique. Les informations recueillies permettent d'identifier les courants croisés et d'analyser les évolutions du tapis roulant océanique.

C'est aujourd'hui une évidence : la variabilité du climat européen dépend largement des interactions entre l'atmosphère et l'océan. Le courant Nord Atlantique, extension septentrionale du Gulf Stream, n'est pas le principal responsable des températures clémentes de notre continent. La chaleur transportée par l'atmosphère est prédominante. Il n'en demeure pas moins le gardien. Et en apportant chaleur et sel aux hautes latitudes, il limite l'extension des glaces de mer. Ce courant est aussi l'un des piliers du tapis roulant.

Il a connu quelques hoquets pendant le dernier âge glaciaire. Les eaux chaudes et salées en provenance des tropiques n'étaient plus transformées en eau profonde au nord de l'Islande, mais en eau intermédiaire au sud de la barrière Groenland/Ecosse. Ces événements, clairement identifiés dans le temps, sont associés à des ralentissements du tapis roulant.

COMPRENDRE LES GRANDS ÉQUILIBRES

Aujourd'hui, la surface de notre planète se réchauffe. Ce phénomène se place dans un contexte de variabilité naturelle depuis le petit âge glaciaire du XVIII^e siècle. Mais son accélération au cours des trente dernières années est imputable aux activités humaines. Les prévisions incitent à penser que, avec l'augmentation de l'effet de serre, le tapis roulant pourrait à nouveau ralentir d'ici un siècle. Les priorités actuelles de la communauté scientifique internationale sont donc sa surveillance et l'amélioration des prévisions par les modèles.

Le programme Ovide, élaboré et mené par Hervé Mercier du LPO, est la contribution française à ce réseau d'observation. Il consiste principalement en la réalisation d'une section hydrographique répétée entre le Portugal et le Groenland. Tous les deux ans depuis 2002, vingt-quatre chercheurs et techniciens de Brest et Vigo embarquent un mois en mer. De la surface au fond et tous les quarante kilomètres, ils mesurent température, salinité, courants et autres paramètres chimiques.

Leur outil essentiel est une bathysonde, un ensemble de capteurs et de 28 bouteilles de prélèvement, monté sur un châssis. Navire à l'arrêt, elle est descendue jusqu'au fond à l'aide d'un câble électroporteur. Cela permet des mesures en continu et de remonter en surface de l'eau de mer prélevée à des profondeurs choisies. Ces échantillons servent à estimer la concentration d'éléments chimiques tels que fréon, sels nutritifs (nitrates, phosphates, silicates), radioactivité, carbone anthropique ainsi que les isotopes du carbone et de l'oxygène. La plupart des analyses sont réalisées en moins de deux jours à bord, dans des conteneurs aménagés en laboratoires de chimie.

Ces mesures permettent d'identifier les courants croisés au cours de la campagne, d'en déterminer l'origine et de quantifier les transports de masse, de chaleur et de sel correspondants.

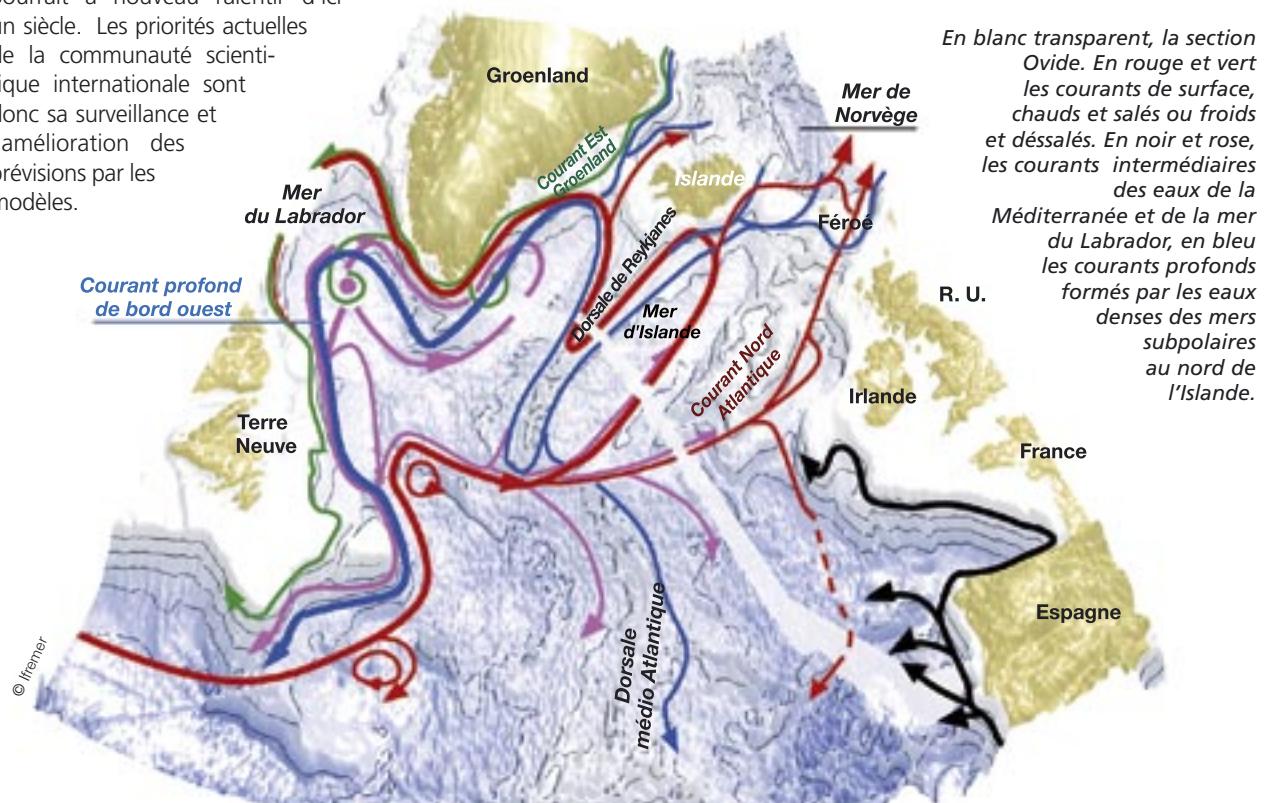
L'unité typique de débit d'un courant océanique est le Sverdrup* (1 Sv = 1 million de mètres cube par seconde), qui correspond environ au débit de tous les fleuves et rivières du monde.

MESURER LES DÉBITS

Lorsque la section Ovide les croise, le courant Nord Atlantique (composé de deux branches très fluctuantes entre-mêlées de tourbillons) transporte entre 18 et 22 Sv d'eau chaude et salée vers le nord, pendant que le Courant Profond de Bord Ouest, sagement collé le long de la côte est du Groenland, ramène vers l'Atlantique entre 9 et 11 Sv d'eau refroidie. Tous deux participent directement au tapis roulant. Mais d'autres courants tout aussi puissants y contribuent aussi. Surplombant le Courant Profond de Bord Ouest, le Courant Est Groenland transporte ainsi 20 Sv d'eau polaire et d'eau Atlantique partiellement refroidie vers le sud. Entre 1000 et 2000 m de profondeur, la circulation est fortement marquée par un combat d'influence entre les eaux provenant de Mer Méditerranée, de la Mer du Labrador et du seuil Ecosse/Féroé.

* Du nom d'Harald Ulrik Sverdrup (1888-1957), océanographe et météorologue norvégien qui fit de nombreuses découvertes théoriques dans ces deux domaines.

Schéma de la circulation en Atlantique Nord sur fond de bathymétrie



Ovide 2006

Ne pas se fier aux apparences

Les observations répétées et leur combinaison avec les modèles demeurent essentielles pour distinguer les phénomènes de fond des simples variations interannuelles. Dans le cadre d'Ovide, les scientifiques ont pour objectif de dégager les évolutions de l'Atlantique Nord sur 10 ans.

Pourquoi une campagne hydrographique tous les deux ans alors que l'on souhaite étudier la variabilité interannuelle ? D'une part, les scientifiques allemands se chargent d'une section similaire les années impaires. D'autre part, le traitement de l'importante quantité de données moissonnées à chaque campagne occupe les équipes pendant plus d'un an. Étalonnées et archivées avec soin, elles vont servir à produire des résultats scientifiques pendant plus de dix ans.

Par ailleurs, les forts changements saisonniers rendent délicate l'estimation de la variabilité interannuelle (*lire le Carnet de bord*). L'apparente abondance de glace observée lors de la mission 2006 est également trompeuse. À 60°N, soit la latitude de la section Ovide à la pointe sud du Groenland, la quantité de glace varie beaucoup d'une année à l'autre. Mais les mesures satellitaires montrent qu'elle diminue depuis 1992. Une preuve de la difficulté de se fier à des observations ponctuelles. Par son côté spectaculaire, l'observation des glaces démontre la très forte variabilité interannuelle. Mais elle n'est que la partie émergée de l'iceberg. En ce début de XXI^e siècle, Ovide s'attache à évaluer des changements similaires, moins visibles, au sein de l'Atlantique Nord, et peut-être à en dégager des tendances à l'échelle de dix ans.

QUE DEVIENT LE TAPIS ROULANT ?

La communauté scientifique internationale s'interroge aujourd'hui sur l'éventuelle disparition du tapis roulant. Comment en effet dégager une tendance sur vingt ans alors que la variabi-



Les glaces de mer sont apparues abondantes au cours de la campagne 2006, alors que les mesures satellitaires attestent de leur diminution.

lité interannuelle est si forte ? Remonter plus loin dans le temps, c'est, selon les récentes publications, se heurter au manque de régularité des grandes campagnes océaniques avant 1990. Ou encore, à la situation très particulière des années quatre-vingt-dix, caractérisées par un contraste important et prolongé entre la dépression d'Islande et l'anticyclone des Açores en hiver. Dès lors, les conclusions basées uniquement sur des observations restent très controversées.

Les premières mesures effectuées dans le cadre d'Ovide en 2002, qui montraient une circulation verticale de courants plus faible de 50 % par rapport à des données anglaises de 1997, faisaient craindre un ralentissement du tapis roulant. En 2004, une valeur intermédiaire rappelle la difficulté de conclure quoi que ce

soit sur une tendance, avant la fin du programme en 2010. En revanche, les scientifiques savent dès aujourd'hui, grâce aux données d'Ovide, mieux estimer le volume d'eau de surface transformé en eau profonde. Le nouveau modèle numérique Drakkar à haute résolution, progresse rapidement. Il permettra de replacer les mesures *in situ* dans un contexte plus large et de dégager des mécanismes clés. Clipper, le modèle de la génération précédente, a déjà permis de démontrer que la baisse de régime du tapis roulant enregistrée en 2002 n'était pas une anomalie saisonnière, mais bien une signature annuelle. Les scientifiques ont également confirmé que l'été, l'intensité du tapis roulant est plus stable.

d'eaux profondes. Il ne s'agit donc pas d'une variabilité locale, mais plutôt d'un impact global et récent. Est-ce le résultat du réchauffement et de la salinisation des eaux du courant Nord Atlantique ? Le caractère de ce courant est le fruit d'une plus forte évaporation dans les tropiques, couplée à une situation atmosphérique réduisant l'impact des eaux froides et douces venues du nord. Cette interprétation doit être vérifiée à la lumière d'autres données et analyses. Elle est néanmoins aujourd'hui, le résultat d'un faisceau d'indices. Ragaillard par cet apport d'eau chaude et salée, le tapis roulant n'a pas de raison de s'interrompre dans un avenir proche. Sauf si le réchauffement climatique limite la perte de chaleur de ces eaux de surface...

Pour en savoir plus :

► *Quand l'océan se fâche : histoire naturelle du climat.* Jean-Claude Duplessy, Editions Odile Jacob, 1996

► *Gros temps sur la planète.* Jean-Claude Duplessy et Pierre Morel, Editions Odile Jacob, 2000

► *La machine océan.* Jean-François Minster, Editions Flammarion, 2001

► *Le Climat.* Jean-Louis Fellous, Editions Le Cavalier Bleu, 2005

► *Portrait du Gulf Stream, éloge des courants.* Erik Orsenna, Editions du Seuil, 2005

► www.ifremer.fr/lpo/ovide
www.ifremer.fr/lpo/vulgarisation

Carnet de bord, Pascale Lherminier

« Les changements saisonniers rendent délicate l'estimation de la variabilité interannuelle. Le courant Est Groenland semble le plus sensible à cet égard. Il est considérablement plus fort en hiver qu'en été. Nous l'avons donc mesuré continûment entre 2004 et 2006 en cinq points à l'aide de mouillages courantométriques (lignes tendues verticalement et équipées de courantomètres). Nous avons récupéré tous les instruments et leurs précieuses données il y a un mois, lors de notre dernière campagne : bien que Neptune nous ait battus froid pendant cinq jours, sous forme d'un mur de glace de mer à plus de 60 milles nautiques au large de la côte du Groenland, nous avons imploré Eole... qui nous a finalement entendus. Douze heures de vent du nord et la glace s'est retirée sur le plateau, nous laissant travailler. Mais la météo ne prévoyait que quelques heures de répit avant un retour des vents d'ouest. Il nous a fallu enchaîner la récupération de trois mouillages avec cinq stations hydrologiques avant de nous accorder un peu de répit, loin des dangers de ces énormes paquets de glaces venus de l'Arctique et des glaciers groenlandais, dérivant dans le courant Est Groenland et poussés par le vent. »

DES CHANGEMENTS EN 2006 ?

L'évolution la plus spectaculaire observée par Pascale Lherminier et son équipe au cours de la campagne 2006, est l'augmentation du taux de sel dans toutes les eaux profondes. Depuis quarante ans, on observe un adoucissement progressif de toutes les eaux profondes Nord Atlantique, qu'elles passent par le seuil du Banc des Féroé, franchissent le détroit du Danemark ou se forment en Mer du Labrador. En 2006, les eaux du détroit du Danemark ont gagné 0,06 g de sel par litre. Un pic aussi spectaculaire avait été constaté en 1996, mais il était isolé.

Aujourd'hui, cette tendance est également observée pour les autres masses

Dossier réalisé en collaboration avec Pascale Lherminier, Herlé Mercier et Patrick Vincent de l'Ifremer.

Campagnes d'été

Momareto et Graviluck sur la dorsale médo-Atlantique

Deux campagnes océanographiques vont se dérouler cet été au sud des Açores, dans le cadre du programme international MoMAR (Monitoring the Mid Atlantic Ridge).

Le projet MoMAR vise à comprendre l'ensemble du processus hydrothermal sur cette zone de la dorsale médo-Atlantique où les plaques Amérique et Afrique-Europe s'écartent à moins de 3 cm par an.

Du 7 août au 6 septembre, 55 chercheurs embarqueront sous la responsabilité de Pierre-Marie Sarradin, puis de Jozée Sarrazin à bord du *Pourquoi pas ?* pour la campagne Momareto. Elle aura pour objectifs de valider de nouveaux outils pour l'observation de la biodiversité des grands fonds et d'étudier la dynamique des écosystèmes hydrothermaux.

Avec le *Victor 6000*, trois sites déjà connus seront étudiés : Menez Gwen (profondeur 850 m), Lucky Strike (1700 m) et Rainbow (2 300 m), caractérisés par la présence de cheminées hydrothermales. Sur ces immenses

structures, se déploient des assemblages de faune tout à fait uniques dominés par des moules et des crevettes. Un projet d'écologie, ciblé sur les moulières de Lucky Strike, visera à définir la composition de ces assemblages en fonction de leur environnement (chimie, température, débit).

Parallèlement, du 6 au 31 août 2006, *L'Atalante* et le *Nautile* serviront la campagne Graviluck. Emmenée par Valérie Ballu, Chargée de recherche CNRS à l'Institut de Physique du Globe de Paris, elle s'intéressera à l'étude de la structure de la croûte océanique et de sa dynamique. Son objectif principal ? La mesure des mouvements verticaux du plancher océanique.

Après une première phase d'études préparatoires de reconnaissance du milieu, les campagnes Momareto et

Graviluck marquent le début de l'instrumentation du site hydrothermal Lucky Strike.



© Ifremer / Exxonmobil 2005
Les moulières du site Lucky Strike par 1 700 m de fond.

AWI, Ifremer : coopération renforcée

Le 28 juin, Jean-Yves Perrot, Président-directeur général de l'Ifremer, et Jörn Thiede, Directeur de l'AWI (Alfred Wegener Institut) ont signé, en présence de François Goulard, ministre délégué à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, deux nouveaux accords de coopération.

Ainsi la collaboration entre les deux Instituts s'étend aujourd'hui avec la création, sous forme d'un Groupement de Recherche européen (GDRE), d'un

département franco-allemand de technologies sous-marines. Il sera centré sur deux projets majeurs : le développement d'un ROV 4000, baptisé *Victoria* et celui de charges utiles compatibles pour des engins type AUV ou ROV.

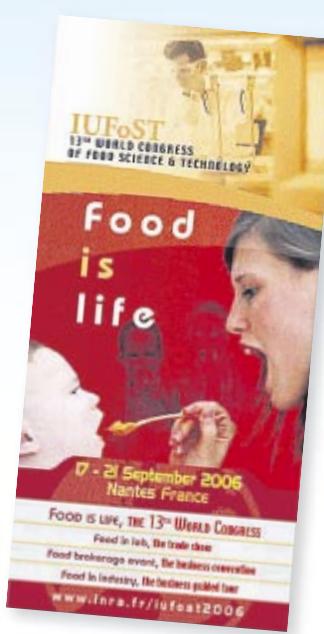
Parallèlement, l'AWI et l'Ifremer ont renouvelé leur accord de coopération bilatérale pour une durée de cinq ans en ouvrant une nouvelle thématique de recherche : l'environnement côtier.

Événement

« L'alimentation, c'est la vie »

Après Séoul en 2001 et Chicago en 2003, Nantes accueille du 17 au 21 septembre prochain, le XIII^e congrès IUFoST (International Union of Food Science and Technology), « L'alimentation, c'est la vie ». Il s'agit de l'unique congrès mondial sur l'alimentation qui traite de façon globale des sciences alimentaires en leur associant la dimension sociologique et politique. Comment concilier la technique (produits sûrs et sains) et le plaisir organoleptique? Comment allier innovation technologique et principe de précaution ? 1200 participants représentant 25 nationalités aborderont ces questions au cours du congrès proprement dit. L'événement se prolongera avec une bourse technologique, des visites d'entreprises agroalimentaires et une exposition.

Plus d'informations :
<http://www.inra.fr/iufost2006/>



Editions Ifremer

Le littoral de Paimpol à Saint-Malo à la loupe



Cette carte établit la répartition des formations superficielles du domaine marin côtier, entre l'anse de Paimpol et Saint-Malo, à partir de la synthèse de campagnes de prospection, d'analyses de sédiments, de l'étude de la morphologie des zones découvertes et des petits fonds à partir des photographies aériennes. Le marnage, qui approche 14 m en période de vive-eau, génère ici des dispositions complexes et une grande diversité morphologique.

Claude Augris, Chantal Bonnot-Courtois, Jean-Pierre Mazé, Monique Le Vot, Alban Crusson, Laure Simplet, Michel Blanchard, Éric Houlgate.

Prix de vente : 15 €

Diffusion Quae Editions
RD 10, 78026 Versailles Cedex
Tél. : 01 30 83 34 06
Fax : 01 30 83 34 49

Flotte & engins

Du 6 août au 1^{er} septembre, *L'Atalante* réalisera au sud des Açores, la campagne Graviluck. Le sous-marin habité *Nautile* de l'Ifremer travaillera de manière coordonnée avec le ROV *Victor 6000*, mobilisé sur le *Pourquoi pas ?* dans le cadre de la campagne Momareto, menée dans la même zone (voir article).

Le Suroît mènera la mission Malisar/1 du 17 au 31 août depuis Toulon avec pour objectif une étude des marges françaises et italiennes du Bassin Ligur. Cette campagne, qui analysera conjointement les problèmes de tectonique active, d'instabilités gravitaires et de transferts sédimentaires, verra la mise en œuvre du sondeur multifaisceaux EM 300. Elle sera réalisée en étroite collaboration avec des partenaires italiens (Universités de Gênes et Trieste).

Le 10 août, l'équipage de *L'Europe* embarquera à Toulon pour la campagne Mytilos/3. Jusqu'au 27, elle aura pour objet de réaliser un état de la contamination chimique sur le pourtour de la Méditerranée occidentale, le long des côtes espagnoles, marocaines, algériennes tunisiennes et italiennes. L'utilisation de mouillages de nasses contenant des moules permettra de réduire la variabilité des résultats inhérente aux différentes conditions trophiques rencontrées. Cette campagne est effectuée dans le cadre du programme européen PIM MEDICIS.

Réalisation de la campagne PLA-GV du 9 au 17 août pour le *Thalia*, entre Chef de Baie et Brest, dans le cadre du projet RECOPLA (RECOnaissance du PLAtreau). Une cartographie détaillée de secteurs privilégiés sera réalisée à l'aide du sondeur multifaisceaux EM 1000.

Le navire ralliera ensuite Saint Quay-Portrieux pour la campagne COSB (du 20 août au 1^{er} septembre) qui vise à évaluer le stock de coquilles Saint-Jacques en Baie de Saint-Brieuc.