

PLANETSOLAR DEEPWATER

ENQUÊTE

DANS LES PROFONDEURS DU GULF STREAM

PARTI DU PORT DE LA CIOTAT LE 8 AVRIL DERNIER, LE MS « TÛRANOR PLANETSOLAR » SE LANCE DANS L'EXPÉDITION « DEEPWATER ». ENTRE MIAMI ET BERGEN EN NORVÈGE, LES SCIENTIFIQUES AMASSERONT DES DONNÉES INÉDITES SUR LES COURANTS OCÉANQUES AINSI QUE SUR LES ÉCHANGES ENTRE L'ATMOSPHÈRE ET LES OCÉANS

LES 29 000 CELLULES PHOTOVOLTAIQUES INSTALLÉES SUR SON TOIT PERMETTENT AU MS « TÛRANOR PLANETSOLAR » D'ATEINDRE LA VITESSE RECORD DE 14 NOEUDS.



Le MS *Türanor PlanetSolar* est né d'un rêve. Celui d'un jeune Neuchâtelois, Raphaël Domjan, qui n'avait qu'une idée en tête : faire le tour du globe en utilisant le minimum d'énergie. Ce rêve s'est réalisé en mai 2012, après dix-neuf mois de navigation. Depuis, le plus grand bateau solaire jamais construit au monde – dont le nom signifie « Puissance du soleil » dans le langage inventé par J.R.R. Tolkien, l'auteur du *Seigneur des Anneaux* – s'est mis au service d'une autre quête, scientifique cette fois.

Lancée le 8 avril avec le départ de *PlanetSolar* du port de La Ciotat, près de Marseille, l'expédition *DeepWater* a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement du Gulf Stream, ce courant atlantique dont l'influence est prépondérante pour le climat du continent européen.

Il s'agira notamment d'étudier les caractéristiques biophysiques des *eddies*, ces tourbillons qui se forment sur les marges du courant et qui, selon leur sens de rotation, remontent des eaux froides des profondeurs ou font plonger des masses d'eau chaude vers le fond. Les scientifiques de l'Institut Forel porteront aussi une attention particulière aux zones dites de formation d'eaux profondes, ces lieux très au nord où le dernier prolongement du Gulf Stream plonge vers les grands fonds marins, alimentant ce qu'on appelle la circulation thermohaline – un « tapis roulant océanique » en trois dimensions qui relie tous les bassins océaniques de la planète.

A l'aide de la Biobox, un outil développé par les chercheurs du Groupe de physique appliquée, l'équipe embarquée à bord s'intéressera également aux émissions de particules (sels, bactéries, phytoplancton...) par l'océan dans l'atmosphère. Les scientifiques savent en effet que les aérosols sont impliqués de plusieurs manières dans les mécanismes climatiques. Suivant

leur nature, ils réfléchissent différemment les rayonnements solaires et les infrarouges thermiques, modulant ainsi l'effet de serre de notre planète. Ils constituent aussi des noyaux de condensation indispensables à la formation des nuages.

Malgré ce rôle critique, les aérosols sont encore peu étudiés et il existe une grande incertitude quant à l'ampleur de leur influence dans l'équilibre thermique de notre planète. Une interrogation à laquelle l'expédition *DeepWater* entend apporter des éléments de réponse.

NÉ D'UN RÊVE, LE PLUS GRAND BATEAU SOLAIRE AU MONDE S'EST MIS AU SERVICE D'UNE QUÊTE SCIENTIFIQUE

VUE DEPUIS
LA TIMONERIE
DU MS « TÜRANOR
PLANETSOLAR »

UN BATEAU SOLAIRE ENQUÊTE EN EAUX PROFONDES

EMBARQUÉ À BORD DU PLUS GRAND CATAMARAN SOLAIRE DU MONDE, UN GROUPE DE CHERCHEURS DE L'UNIVERSITÉ SE LANCE DANS UNE ÉTUDE SCIENTIFIQUE INÉDITE PORTANT SUR LE GULF STREAM ET LES AÉROSOLS. PRÉSENTATION AVEC MARTIN BENISTON, INITIATEUR DU PROJET.

Comment est né le projet « PlanetSolar DeepWater » ?

J'ai rencontré l'équipe du MS *Türanor PlanetSolar* à l'issue du tour du monde qu'elle a effectué entre 2010 et 2012. Nous nous sommes rapidement aperçus que nous avions des intérêts communs.

C'est-à-dire ?

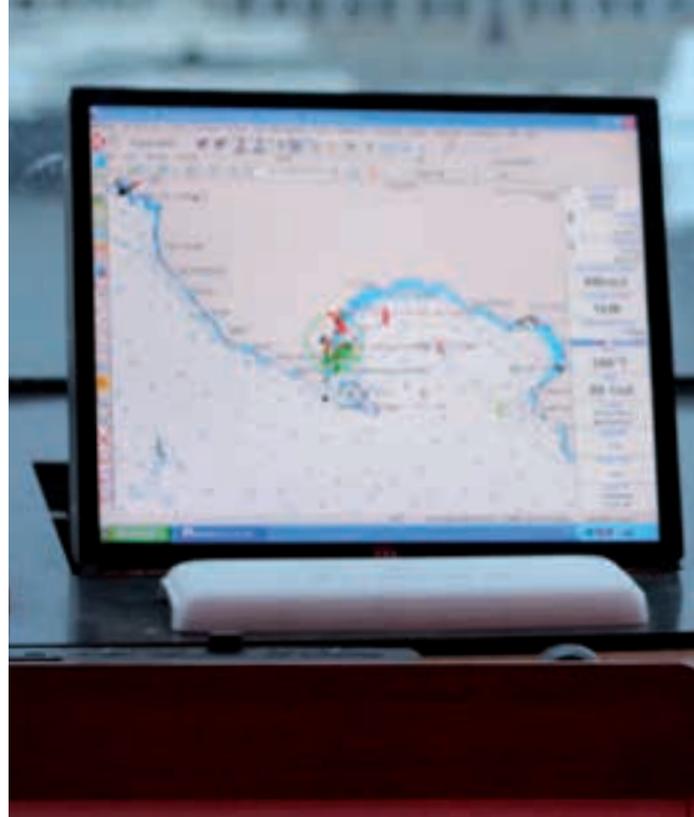
D'une part, cette expédition offre une seconde vie au bateau imaginé par Raphaël Domjan (lire en page 24). De l'autre, elle nous permet d'étudier de manière innovante des processus qui se situent à l'interface entre l'océan et l'atmosphère et qui sont impliqués dans la régulation climatique.

Pouvez-vous préciser ?

En tant que spécialiste du climat, je suis responsable de la partie de l'étude qui concerne le Gulf Stream et d'autres courants froids qui lui sont associés dans l'Atlantique Nord. L'idée est de mieux comprendre comment fonctionne ce courant océanique complexe qui joue un rôle essentiel dans la régulation du climat européen.

A ce propos, on a souvent évoqué ces dernières années l'hypothèse d'un arrêt de ce courant si le réchauffement climatique se poursuivait. Est-ce un scénario vraisemblable ?

Le Gulf Stream est un système réglé de manière très fine, qui est sensible aux moindres perturbations. À partir d'un certain seuil, une augmentation de la température en surface pourrait ainsi enrayer la mécanique en empêchant un refroidissement suffisant des eaux dans la partie septentrionale de



l'Atlantique Nord. En diminuant leur taux de salinité par une augmentation de l'effet de la fonte de la calotte polaire, les eaux ne seraient plus assez denses pour couler en profondeur et maintenir en place ce qu'on appelle communément le « tapis roulant océanique » (un système de courants en surface et en profondeur qui relie tous les bassins océaniques de la planète). C'est un scénario qui est possible, mais que nous ne devrions pas connaître au XXI^e siècle, selon les résultats de recherches récentes.

Que se passerait-il sous nos latitudes si un tel changement devait survenir ?

Près des deux tiers des masses d'air qui nous affectent viennent de l'Atlantique. L'évolution des courants parcourant cet océan est donc déterminante pour le climat de la Suisse. Si le Gulf Stream devait fortement ralentir ou ne plus atteindre des latitudes élevées, Genève se retrouverait avec des conditions proches de celles de la ville de Québec, avec des températures de moins 40 en hiver et des étés plus chauds qu'actuellement.

Que cherchez-vous à démontrer en particulier dans le cadre du projet « PlanetSolar DeepWater » ?

Le fonctionnement du Gulf Stream et des courants associés est encore relativement mal connu. Au moment où ce courant quitte les côtes d'Amérique du Nord, il commence à faire des méandres dans lesquels des tourbillons peuvent se former. On sait que ces tourbillons véhiculent de la chaleur vers d'autres parties de l'océan, mais on a encore peu d'informations sur leur fonctionnement à échelle fine. Dans un premier temps, nous allons donc tenter de voir si ces vortex peuvent être caractérisés et localisés grâce à une signature biologique ou chimique particulière.

Vous allez également étudier les zones de formation d'eaux profondes que l'on rencontre à partir du nord de l'Islande et du Groenland. De quoi s'agit-il ?



Ce sont des lieux stratégiques, puisque c'est là que les eaux de surface plongent vers les abysses pour alimenter les courants froids et denses situés à grande profondeur et permettre la circulation des eaux entre les différents bassins océaniques. Notre but est d'identifier des changements abrupts dans les composants chimiques et organiques à l'interface entre l'océan et l'atmosphère, attestant la présence de masses d'eau différentes. Nous aurons également la possibilité de faire des mesures dans l'atmosphère et en profondeur dans l'océan, ce qui nous permettrait d'obtenir une vue des processus sur le plan vertical tout au long du parcours du navire. Ce travail de documentation pourra ensuite servir à l'installation d'outils de mesure en continu afin de traquer d'éventuels changements dans le comportement du système. Il devrait aussi fournir des informations utiles pour l'amélioration des modèles de climat

L'équipe scientifique est également composée de physiciens et de biologistes. Quel est leur rôle ?

Ils seront chargés d'effectuer des mesures en continu dans l'eau et dans l'air tout au long du parcours du bateau afin d'étudier des paramètres clés de la régulation du climat, comme les fluctuations des aérosols atmosphériques et le phytoplancton.

En quoi était-il nécessaire de recourir à un bateau solaire pour mener à bien ce projet ?

Outre l'intérêt du projet pour ce qui est du dialogue entre la science et le public, le MS *Türanor PlanetSolar* n'émet aucune substance polluante. C'est capital dans la mesure où les émissions émises par le carburant d'un bateau conventionnel pourraient contaminer les observations. Dans le cas présent, à moins de nous trouver à proximité d'un autre bateau, ce qu'il sera facile de vérifier par radar, nous serons sûrs que nos mesures sont d'origine naturelle et non anthropique. *PlanetSolar* a également l'avantage d'être plus maniable qu'un voilier, qui peut être difficile à positionner

avec précision par gros temps. Il est aussi plus stable, ce qui devrait amener un petit supplément de confort aux scientifiques embarqués à bord, qui n'ont pas forcément tous le pied marin.

Outre l'utilisation d'un bateau solaire, en quoi cette étude est-elle innovante ?

L'un des instruments installés à bord, la Biobox, développée par le Groupe de physique appliquée de l'UNIGE, est actuellement le seul appareil permettant une analyse poussée des aérosols à l'aide d'une technologie laser. Elle sera testée pour la première fois dans des conditions maritimes à bord du MS *Türanor PlanetSolar*. Les aérosols jouent un rôle complexe dans la régulation climatique, mais on a relativement peu d'informations sur les quantités et la nature des particules émises par les océans.

Y aura-t-il une suite à cette expédition ?

À l'issue de notre projet, le bateau poursuivra sa route vers la mer Baltique pour une mission dont le but est de ramasser des déchets dans des filets dérivant derrière le bateau afin de montrer à quel point les mers sont aujourd'hui polluées. Dans la même optique, l'Institut Forel souhaiterait pouvoir profiter de cet outil pour réaliser des mesures en relation avec ces fameux continents de plastiques repérés à la surface des océans. L'Université de Genève a signé avec l'équipe de *PlanetSolar* un accord de partenariat sur cinq ans qui devrait permettre de prolonger pour cette durée au moins l'utilisation du bateau comme plateforme scientifique. Nous pourrions ainsi avoir la possibilité de reconduire l'expédition *DeepWater* au moins une fois afin de voir s'il y a une évolution temporelle dans le comportement des divers mécanismes à l'interface océan-atmosphère.



LE MS «TÜRANOR PLANETSOLAR»
TENTERA DE BATTRE SON PROPRE RECORD DE 26 JOURS POUR LA TRAVERSÉE TRANSATLANTIQUE.

L'EXPÉDITION «DEEPWATER»
RELIERA MIAMI À BERGEN EN NORVÈGE, SOIT UNE NAVIGATION DE PLUS DE 8000 KM.

DÈS L'ÉTÉ, LE NAVIRE
CONTINUERA SON ITINÉRAIRE EN PRENANT PART À UNE CAMPAGNE DE NETTOYAGE DES EAUX EUROPÉENNES, ORGANISÉ PAR LA FONDATION WASTE FREE OCEANS.

**PLANET SOLAR
EN QUELQUES DATES**

2004 RAPHAËL DOMJAN
A L'IDÉE DE CONSTRUIRE
UN BATEAU SOLAIRE
ET DE RÉALISER AVEC
LUI UN TOUR DU MONDE.

JANVIER 2009
LA CONSTRUCTION
DU BATEAU COMMENCE
DANS LES CHANTIERS
NAVALS KNIERIEM
YACHTBAU À KIEL.

MARS 2010 LE MS
« TÜRANOR PLANETSOLAR »
EST MIS À L'EAU

27 SEPTEMBRE 2010
LE VAISSEAU PROPRE
ET SILENCIEUX QUITTE
LE PORT DE MONACO.

4 MAI 2012 RETOUR
À MONACO APRÈS
AVOIR BOUCLÉ LE TOUR
DU MONDE.

8 AVRIL 2013 DÉPART
DE « PLANETSOLAR »
DEPUIS LA CIOTAT
POUR L'EXPÉDITION
« DEEPWATER ».

AOÛT 2013 ARRIVÉE
PRÉVUE À BERGEN
EN NORVÈGE.

REPORTAGE À LA CIOTAT

VISITE À BORD DU BATEAU SOLAIRE REMIS À NEUF

«**PLANETSOLAR**» A PASSÉ L'HIVER DANS LE CHANTIER NAVAL DE LA CIOTAT, PRÈS DE MARSEILLE AVANT D'ÊTRE REMIS À L'EAU EN MARS DERNIER. LES TRAVAUX ONT PERMIS D'AMÉLIORER LES INÉVITABLES IMPERFECTIONS DU PROTOTYPE ET DE PRÉPARER LA VENUE DE SCIENTIFIQUES DANS LE CADRE DU PROJET « DEEPWATER »

Avec ses 95 tonnes, le MS *Türanor PlanetSolar* n'est pas un poids plume. Pourtant, comparé aux mégayachts qui se font refaire un lifting à ses côtés dans le chantier naval de La Ciotat près de Marseille, le navire solaire battant pavillon suisse fait figure de nain. Il surclasse ses voisins géants sur une seule dimension : la largeur, imposée par le besoin de déployer un maximum de panneaux solaires sur son toit. Avec sa silhouette trapue, il occupe sur la jetée la place que pourraient prendre (et payer) deux navires privés. Il est d'ailleurs temps de vider les lieux. La dernière couche de peinture antifouling (qui empêche les organismes aquatiques de se fixer sur la coque) est sèche. Le gigantesque chariot d'acier sur lequel est posé *PlanetSolar* s'est mis en branle et sort lentement le bateau de son parking. L'opération de mise à l'eau est menée sans précipitation mais il n'est pas question de traîner non plus. Les conditions météorologiques risquent de changer et si le vent et les vagues se lèvent, cela pourrait compliquer considérablement les activités des ouvriers du chantier. Principalement fabriqué en fibres de carbone, *PlanetSolar* est en effet vulnérable tant qu'il n'est pas en pleine mer. Le moindre choc contre le béton de la jetée pourrait percer un de ses deux flotteurs et compromettre le projet.

Monte-charge Au moment où le lourd véhicule s'engage en direction du monte-charge destiné à remettre le navire à flots, les ouvriers se rendent d'ailleurs compte que les hélices

toutes neuves de *PlanetSolar* (lire en page 23) risquent, en passant, de toucher une bête d'amarrage. Pour remédier à ce problème inattendu, il faut au dernier moment rajouter des plots en bois pour surélever le bateau de 40 centimètres. Un fois installé sur la plateforme de l'ascenseur, la descente du vaisseau s'amorce enfin. Elle va durer une heure. Les immenses treuils s'arrêtent plus d'une fois par précaution : l'espace libre entre le bateau et les piliers de bétons situés de part et d'autre n'excède pas une dizaine de centimètres.

L'OPÉRATION DE MISE À L'EAU EST MENÉE SANS PRÉCIPITATIONS MAIS IL N'EST PAS QUESTION DE TRAÎNER NON PLUS

Lors d'une de ces pauses, les gros flotteurs arrivent à la hauteur du quai. En un pas, on peut alors accéder à un petit escalier escamotable qui mène à l'intérieur. C'est l'occasion ou jamais d'effectuer une visite.

On entre dans le MS *Türanor PlanetSolar* par un vaste carré. Malgré le désordre lié aux travaux de réfection, on sent que l'équipage ne manquera pas d'espace. Il y a un coin pour manger,

un autre pour se détendre et visionner un film, un autre pour travailler, etc. A un endroit se dresse une armoire vitrée. Elle est vide mais contient en temps normal de la vaisselle, comme dans n'importe quel salon.

«*PlanetSolar est un catamaran*, explique Pascal Goulpié, directeur et cofondateur de la société PlanetSolar SA. *Il est très stable même par gros temps. Il n'y a pas de gîte et quasiment pas de tangage. Du coup, contrairement à ce qui se passe sur des monocques, rien n'est attaché.*»



PLANET SOLAR
À LA CIOTAT LORS
DE SA MISE À L'EAU
EN MARS 2013.

Au cours de son tour du monde entre 2010 et 2012, le bateau expérimental a essuyé de nombreux grains. Maintes fois, il a dû supporter des vents de 40 nœuds de moyenne, avec des rafales à 55. Des déferlantes ont par moments submergé le pont supérieur, situé tout de même à une hauteur de 6 m. Le navire n'a pas bronché et, à l'intérieur, aucune assiette ne s'est brisée. « *Le bateau ne se soulève pas avec les vagues mais rentre dedans*, précise Pascal Goulpié. *La nacelle centrale, en forme de V, prend alors le relais de la flottaison.* »

Coussins confortables En sortant du lieu de vie, on arrive dans la « marina », le pont arrière quasiment toujours situé à l'ombre de l'imposant toit sur lequel sont installés les panneaux solaires. Agrémenté de grands coussins confortables, c'est l'endroit de la détente et des réceptions officielles. Plusieurs trappes s'ouvrent dans le plancher et dans la plateforme arrière. L'une d'elles mène à un petit atelier équipé pour réparer des pièces en fibres de carbone. Une autre est destinée à recevoir les poubelles (pas question pour un bateau écologique de polluer davantage une mer déjà saturée de déchets plastiques). Au milieu du pont, sous un panneau en carbone s'ouvre un grand trou béant. C'est l'endroit où se trouvait l'ancien gouvernail central, aujourd'hui remplacé par deux autres, plus petits, situés derrière chaque flotteur (lire ci-contre). A cette place viendra se fixer un des instruments de mesure prévus dans le cadre du projet *DeepWater*. Les cabines, elles, sont installées dans la partie avant. Il y en a six, capables d'héberger neuf personnes à la fois. L'espace à disposition a été optimisé afin d'offrir aux scientifiques qui monteront à bord des bureaux pour travailler au calme. La plus grande chambre – celle du capitaine – dispose de sa

propre salle de bains. Les autres sont plus modestes mais, selon les normes de la marine, demeurent spacieuses. Pas de climatisation (trop gourmande en électricité) pour rafraîchir l'air mais des ventilateurs. Et comme *PlanetSolar* s'est trouvé un sponsor spécialisé dans les matelas haut de gamme qui épousent le corps du dormeur, toutes les cabines en sont équipées. Etre écologique n'implique pas forcément de devoir se priver d'un certain confort.

Dans un local coïncé entre deux chambres se trouve un désalinisateur. L'appareil est gourmand (entre 2000 et 4000 Watts) et risque d'entamer les réserves d'énergie. « *Nous disposons à bord de 1500 litres de réserves d'eau douce*, note Pascal Goulpié. *Le désalinisateur ne fonctionnera qu'épisodiquement, lors des longs trajets.* »

Les eaux usées sont également gérées de façon raisonnable. Les eaux grises (issues des douches et des lavabos) sont séparées des eaux noires (issues des toilettes) et stockées dans des compartiments distincts. Leur vidange doit obéir à une réglementation stricte.

Entorse au principe énergétique La cuisine, elle, est banale. A l'exception d'un détail, toutefois, l'unique entorse à l'esprit énergétique du projet : la cuisinière est le seul appareil non branché aux panneaux solaires. Elle est alimentée au gaz, source d'énergie non durable. Une seule bouteille de propane a été utilisée durant le tour du monde.

« *Nous avons également à bord deux moteurs thermiques de secours*, avoue Pascal Goulpié. *Ils nous ont été imposés par les assureurs, au cas où. Ils sont scellés et n'ont jamais servi.* »

Une autre exception, datant du tour du monde, a, quant à elle, pu être corrigée. « *En 2010, nous sommes en effet partis*

UNE NOUVELLE PAIRE D'HÉLICES



La principale raison de la mise en chantier du MS «Türanor PlanetSolar» est le changement de son mode de propulsion.

L'ancien système utilisait, au bout de chaque flotteur, des hélices de surface qui n'étaient qu'en partie submergées.

Un dispositif expérimental assez compliqué à gérer dans des conditions réelles. Cette configuration obligeait le bateau à disposer d'un grand gouvernail central, peu commode à manœuvrer car situé hors du flux des hélices et générant une trainée dans l'eau.

Ce système est également à l'origine des deux seuls accidents mécaniques sérieux survenus durant le tour du monde bouclé en 2010-2012. C'est pourquoi les responsables du projet ont décidé

de revenir à une technologie classique, moins chère et plus fiable, à savoir des hélices entièrement submergées. Pour cela, il a fallu changer les arbres, installer un gouvernail derrière chaque flotteur et monter les hélices situées désormais en dessous des flotteurs et non plus derrière. L'ensemble du dispositif de propulsion est désormais plus simple qu'avant. Il devrait permettre à PlanetSolar d'atteindre les mêmes performances que durant le tour du monde, voire de les dépasser.

avec un petit bateau d'appoint muni d'un moteur diesel, explique Pascal Goulpié. Il était prévu d'installer un moteur électrique, mais il n'était pas prêt. Il faut dire que nous avons dû précipiter notre départ.»

A l'époque, une équipe française concurrente était en effet sur le point de réaliser un tour du monde avec leur propre bateau solaire. Pour être sûr de ne pas se faire coiffer au poteau, les responsables de PlanetSolar ont donc décidé de lever l'ancre dès la première fenêtre météo favorable, c'est-à-dire en septembre 2010, au lieu d'attendre la seconde, en avril 2011.

Cette précipitation n'a finalement servi à rien car, par manque de financement, les Français ne sont pas partis du tout. Aujourd'hui, les choses sont rentrées dans l'ordre puisqu'un propulseur électrique, rechargeable via les panneaux solaires, a remplacé le moteur au diesel de l'annexe.

Dans le cerveau Par un escalier raide, on monte enfin dans le cerveau de PlanetSolar: la timonerie. La vue sur le vaste toit solaire, pièce maîtresse du vaisseau, est imprenable. Les cellules photovoltaïques tapissent toute la surface à l'exception d'un étroit passage qui mène vers un puits descendant dans la marina. *«Nous avons aménagé ce couloir pour améliorer la circulation des personnes dans cet endroit vite surpeuplé, note Pascal Goulpié. Les gens étaient parfois forcés de marcher sur les panneaux, ce qui n'est pas conseillé.»*

Les panneaux ont d'ailleurs très bien tenu le choc du tour du monde. Ni l'eau ni le sel ne les ont détériorés. La seule casse a été causée par la chute d'objets ou d'êtres humains. Heureusement, il existe un stock à bord pour remplacer les modules cassés.

Le poste du pilote est muni de tout le matériel de navigation classique ainsi que d'écrans montrant toutes les données concernant l'ensoleillement, la production d'électricité par les modules solaires et le niveau de charge des batteries en lithium-ion situées dans les flotteurs et la nacelle centrale. En se plaçant à la barre, on se met à rêver de croiser en pleine

«LE BATEAU NE SE SOULÈVE PAS AVEC LES VAGUES MAIS RENTRE DEDANS. LA NACELLE PREND ALORS LE RELAIS DE LA FLOTTAISON.»

PASCAL GOULPIÉ, DIRECTEUR ET COFONDATEUR DE PLANETSOLAR SA

mer, sans à-coups, propulsé par la seule énergie silencieuse du soleil et des moteurs électriques. Tout à coup, comme si le songe se réalisait, une légère ondulation se propage dans les jambes, le pont vient de perdre sa stabilité. Un sentiment imperceptible mais qui ne laisse aucun doute sur sa cause: le MS Türanor PlanetSolar s'est dégagé de son support d'acier et flotte librement sur l'eau, bercé par un léger clapotis. Il est temps de retourner à terre.

FICHE TECHNIQUE DE L'EXPÉDITION

LES SECRETS DE LA « PUISSANCE DU SOLEIL »

PROPULSÉ GRÂCE À L'ÉNERGIE PRODUITE PAR SES 29 000 CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES, LE MS « TÛRANOR PLANETSOLAR » PEUT EMBARQUER NEUF PASSAGERS ET DISPOSE D'UNE AUTONOMIE DE TROIS JOURS EN CAS DE MAUVAIS TEMPS. LE TOUT SANS AUCUNE ÉMISSION DE CO₂

Mars 2010, chantier naval Knierim Yachtbau, Kiel: après quatorze mois et 64 000 heures de travail, le MS *Tûranor PlanetSolar* pose pour la première fois ses flotteurs sur l'eau. Il est prêt à relever le défi que ses concepteurs lui ont fixé: être le premier bateau solaire à effectuer un tour du monde.

Ce projet a priori un peu fou est né de la rencontre entre deux hommes. Le premier, Raphaël Domjan est un jeune Neuchâtelois qui, après avoir été alpiniste, spéléologue, ambulancier, pilote et skipper, se définit aujourd'hui comme un « eco-explorateur ». Son objectif: traverser les océans en respectant l'environnement. Pour y parvenir, il songe d'abord à un ULM amphibie avant de jeter sur le papier les premiers croquis de ce qui deviendra *PlanetSolar*.

Le second, Immo Ströher est un homme d'affaires allemand. La soixantaine passée, passionné de longue date par les questions liées à l'environnement et plus particulièrement pour les technologies solaires, domaine dans lequel la société qu'il a fondée est active, il a les moyens nécessaires à financer une telle opération.

Parti le 27 septembre 2010 de Monaco, le catamaran retourne à la Principauté le 4 mai 2012 après avoir traversé les océans Atlantique, Pacifique et Indien et avoir franchi le canal du Panama et celui de Suez.

L'histoire aurait pu en rester là. L'équipe de *PlanetSolar* et Immo Ströher en ont cependant décidé autrement. Plutôt que de servir de yacht pour touristes fortunés, le MS *Tûranor*

a ainsi été reconverti en plateforme scientifique pour les besoins de l'expédition *DeepWater*.

Capable d'accueillir neuf personnes, le navire a donc repris la mer le 8 avril dernier sous la conduite de Gérard d'Aboville. Connu pour avoir été le premier navigateur à traverser l'océan Atlantique en solitaire à la rame dans le sens ouest-est, le capitaine français est assisté de trois hommes d'équipage (un second, un ingénieur électricien et un matelot). Son travail consiste pour l'essentiel à optimiser la vitesse et le cap du bateau de manière à arriver à destination dans les meilleures conditions. Pour ce faire, Gérard d'Aboville dispose d'un logiciel de routage spécialement développé pour *PlanetSolar*. Outre les prédictions traditionnelles sur cinq jours concernant les vents, les courants et les vagues, ce dernier intègre aussi celles de l'ensoleillement. Connaissant ces données, ainsi que tous les paramètres du bateau (production et consommation d'électricité), le capitaine peut dès lors anticiper les différents scénarios possibles.

Les places étant comptées à bord, les scientifiques se relaieront, quant à eux, à chaque escale en fonction de leurs objectifs spécifiques dans une sorte de jeu des chaises musicales.



Pascal Goulpié

42 ans, France

Profession: directeur et cofondateur de la société PlanetSolar SA.

Rôle dans la mission: direction générale. Ce physicien fait partie de l'aventure depuis le tour du monde réalisé en 2010-2012. Il a également supervisé l'optimisation du MS « Tûranor PlanetSolar » à La Ciotat.



Gérard d'Aboville

67 ans, France

Profession: navigateur.

Gérard d'Aboville est connu pour avoir traversé d'ouest en est l'Atlantique à la rame et en solitaire en 1980. Exploite qu'il a réédité dans l'océan Pacifique en 1991.

Rôle dans la mission: capitaine du MS « Tûranor PlanetSolar »



Christophe Keckeis

68 ans, Suisse

Profession: militaire.

Rôle dans la mission: responsable de la sécurité. Cet ancien chef de l'armée suisse a notamment assuré la sécurité du MS « Tûranor PlanetSolar » en 2012 au cours de la traversée du golfe d'Aden, haut lieu de la piraterie.



Martin Beniston

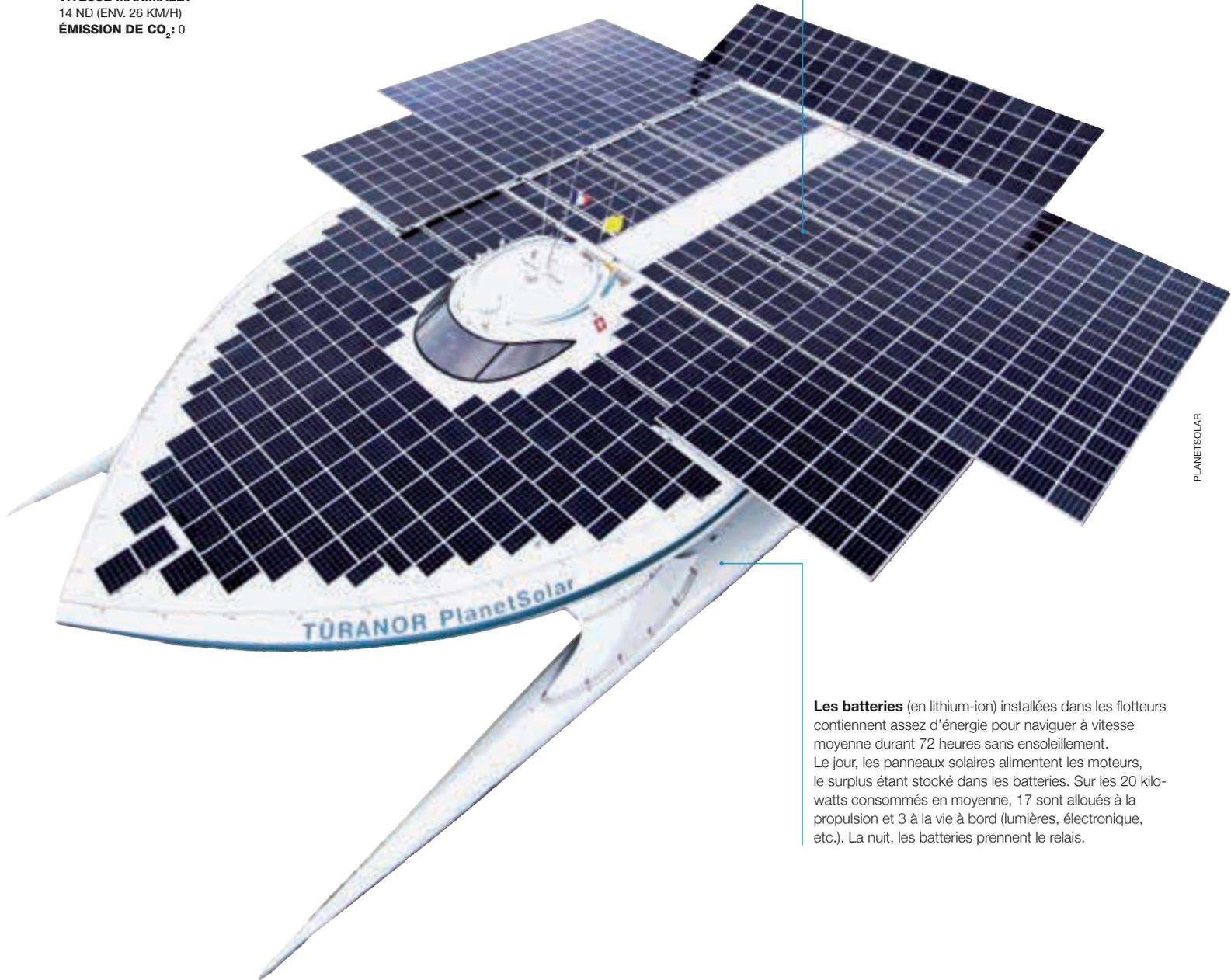
59 ans, Suisse

Profession: professeur ordinaire et directeur de l'Institut des sciences de l'environnement (Faculté des sciences)

Rôle dans la mission: leader de l'expédition « DeepWater PlanetSolar » et conception de ses aspects scientifiques.

LONGUEUR: 35 M.
LARGEUR: 23 M.
HAUTEUR: 6,3 M.
POIDS: 89 T.
TIRANT D'EAU: 1,5 M.
SURFACE DE MODULES SOLAIRES: 516 M²
PUISSANCE MAXIMALE: 120 KW
VITESSE MOYENNE: 5 ND (ENV. 10 KM/H)
VITESSE MAXIMALE: 14 ND (ENV. 26 KM/H)
ÉMISSION DE CO₂: 0

Le toit du MS «Tûranor PlanetSolar» compte **29 160 cellules photovoltaïques** en silicium monocristallin, couvrant plus de 500 m² et affichant un rendement de près de 20%. Les panneaux solaires sont actionnables à la main à l'aide d'un winch, deux « ailes » peuvent se déployer de part et d'autre du navire pour augmenter la surface exposée au soleil. Le panneau arrière, lui, est muni d'un système hydraulique qui permet de l'incliner de façon à suivre la course du soleil.



PLANETSOLAR

Les batteries (en lithium-ion) installées dans les flotteurs contiennent assez d'énergie pour naviguer à vitesse moyenne durant 72 heures sans ensoleillement. Le jour, les panneaux solaires alimentent les moteurs, le surplus étant stocké dans les batteries. Sur les 20 kilowatts consommés en moyenne, 17 sont alloués à la propulsion et 3 à la vie à bord (lumières, électronique, etc.). La nuit, les batteries prennent le relais.



Bastiaan Ibelings

51 ans, Pays-Bas

Profession: professeur ordinaire d'écologie microbienne à l'Institut Forel (Faculté des sciences)

Rôle dans la mission: étude du phytoplancton en milieu marin. Spécialiste des instruments de mesures biophysiques de l'eau qui seront utilisés à bord du MS «Tûranor PlanetSolar».



Christel Hassler

39 ans, Suisse

Profession: professeure ordinaire à l'Institut Forel (Faculté des sciences)

Rôle dans la mission: sélection des instruments de mesures océanographiques et des protocoles de navigation adaptés. Elle est chargée également d'effectuer les mesures au-dessus des zones de formation d'eau profonde.



Jean-Pierre Wolf

52 ans, France

Profession: professeur ordinaire au Groupe de physique appliquée (Faculté des sciences)

Rôle dans la mission: Mise au point, avec Denis Kiselev, assistant, de la Biobox, un instrument qui permet de mesurer la concentration, la taille et la composition des aérosols générés par l'océan.



Jérôme Kasparian

40 ans, France

Profession: chercheur au Groupe de physique appliquée (Faculté des sciences)

Rôle dans la mission: installation des instruments de mesures atmosphériques et organisation du traitement des données. Il est également investi dans la mise sur pied des activités didactiques

UN LONG FLEUVE TRANQUILLE

LE GULF STREAM: DES BAHAMAS AU GRAND PLONGEON

LE COURANT CHAUD DE L'ATLANTIQUE NORD MODÈRE LE CLIMAT EUROPÉEN ET, EN PLONGEANT DANS LES ABYSSES EN MER DE NORVÈGE, ENVOIE PAR LE FOND DE GRANDES QUANTITÉS DE CARBONE FIXÉ PAR LE PHYTOPLANCTON

Le Gulf Stream est un long fleuve tranquille. Bien que son nom évoque le golfe du Mexique, ce courant marin n'y puise que peu d'énergie. L'essentiel de sa chaleur vient de l'Atlantique tropical et de la mer des Caraïbes. Après avoir suivi deux routes de part et d'autre des Antilles, les courants chauds du sud se regroupent à l'est de la pointe de la Floride en un point qui ne varie que très peu d'une année à l'autre. C'est là que naît le Gulf Stream. Le courant y est poussé vers le nord par les vents dominants. Il se laisse entraîner aussi par les forces induites par la rotation de la Terre. Mais son véritable moteur se situe plus au nord, dans la mer du Groenland et celle du Labrador. Là-bas, devenus froids et salés, en un mot plus denses que les eaux avoisinantes, les ultimes prolongements du Gulf Stream plongent dans les profondeurs de l'océan, entraînant à sa suite tout le fleuve marin. Commence alors une ronde planétaire qui passe par les abysses de tous les océans du monde. En fin de course, une partie de cette circulation remonte à la surface dans l'océan Atlantique au niveau de l'équateur et rejoint le début du Gulf Stream pour se payer un autre tour de carrousel. Ce carrousel, les océanographes lui ont donné un nom : la circulation thermohaline qui joue un rôle dans les échanges de chaleur à l'échelle planétaire et donc dans le contrôle du climat global. Entraînée par ce mouvement continu, une goutte d'eau met des millénaires à en boucler un seul tour.

AVEC SA CENTAINE DE KILOMÈTRES DE LARGE ET SES 800 MÈTRES DE PROFONDEUR, CE COURANT MARIN REMPLIRAIT LE LÉMAN EN VINGT MINUTES

«Le Gulf Stream ne représente qu'une portion de ce parcours mais son impact en Europe est considérable, explique Christel Hassler, professeure assistante à l'Institut Forel, Faculté des sciences, et membre de l'expédition DeepWater qui vise, à bord du bateau solaire Tūranor PlanetSolar, à étudier le fameux courant. Par évaporation et contact avec l'atmosphère, il apporte de la chaleur des tropiques vers les côtes de l'Europe. C'est grâce à lui, par exemple, que nous passons à Genève des hivers modérés qui n'ont rien à voir avec les conditions rudes que l'on peut rencontrer à Ottawa (température moyenne de -10°C en janvier), la capitale du Canada étant pourtant située à peu près à la même latitude.»

L'influence de ce courant se fait sentir jusque sur les côtes norvégiennes de la mer du Nord. Le cap Nord demeure en effet libre de glaces toute l'année alors qu'en hiver la banquise recouvre une grande partie de la mer Baltique pourtant bien plus au sud.

En plus d'être chaud, le Gulf Stream est aussi très puissant. Au large des États-Unis, lorsqu'il oblique vers l'Europe, il possède une vitesse atteignant les 9 km/h. Avec sa centaine de kilomètres de large et ses 800 m de profondeur, ce courant marin remplirait le Léman en 20 minutes. Pas étonnant qu'il ait été repéré dès le XVI^e siècle par les conquistadors espagnols qui l'ont ensuite régulièrement exploité lors de leurs voyages de retour en Europe (tout en l'évitant dans l'autre sens). Cette stratégie



TORTUE CAOUANNE.
EN FLORIDE, LES BÉBÉS
DE CETTE ESPÈCE
RETOURNENT À L'EAU ET
SE FONT SOUVENT HAPPER
PAR LE GULF STREAM.

ON PENSAIT QU'ILS
SE LAISSAIENT ALORS
PORTER PAR LE COURANT
VERS LE NORD, PUIS VERS
L'EST À TRAVERS L'ATLAN-
TIQUE, VERS LE SUD LE
LONG DE L'AFRIQUE AVANT
DE RETOURNER, À L'ÂGE
ADULTE, EN FLORIDE.

UNE ÉTUDE (« SCIENCE »,
21 JANVIER 2011)
A MONTRÉ QUE LES
TORTUES SORTENT
SOUVENT DU COURANT,
PASSENT DU TEMPS DANS
LES TOURBILLONS FOR-
MÉS EN MARGE (« EDDIES »)
ET VISITENT MÊME
LES BERMUDES, AVANT
DE REJOINDRE
LE GULF STREAM

ELLES Y RECHERCHENT
PROBABLEMENT
DES ZONES PLUS RICHES
EN NOURRITURE.

a amené au cours des siècles de nombreux navires chargés de trésors à longer les Keys, un chapelet d'îles au sud de la Floride, pour rejoindre le tapis roulant. Nombre d'entre eux y ont fait naufrage sur des récifs, offrant leur riche cargaison aux habitants des îles. Au point de créer une véritable industrie locale de naufrageurs au XIX^e siècle.

En remontant la côte américaine, le Gulf Stream finit par rencontrer un autre courant circulant en sens contraire : le glacial courant du Labrador, venu de l'océan Arctique. Le résultat est un fléchissement du Gulf Stream vers l'est, laissant à l'autre le loisir de refroidir les côtes du Canada et de la Nouvelle-Angleterre. Le voisinage des deux courants que tout sépare (température, salinité, direction...) provoque des frictions. C'est en partie à cause d'elles que le Gulf Stream, en s'enfonçant dans l'Atlantique, commence à serpenter et à former de majestueux méandres qui évoluent lentement avec le temps. Des grands remous, aussi appelés vortex ou *eddies* en anglais, apparaissent et disparaissent en marge du courant chaud. Certains engendrent des remontées d'eau froide venue des profondeurs, d'autres, au contraire, provoquent des descentes d'eau chaude.

« En règle générale, l'eau froide venue des profondeurs est riche en minéraux comme le fer, les nitrates et les phosphates, autant de nutriments essentiels pour le phytoplancton, poursuit Christel Hassler. Ce dernier a donc tendance à proliférer rapidement dans ces vortex d'eau froide. L'un de nos objectifs scientifiques consiste à localiser et à étudier des *eddies* dont certains peuvent mesurer quelques centaines de kilomètres de diamètre et persister plusieurs mois. Nous aimerions réaliser des séries de profils de température, de salinité mais aussi d'activité biologique jusqu'à 250 m de profondeur (lire ci-contre). »

MESURE DU COURANT

A bord du bateau solaire *Tûranor PlanetSolar*, un radar à effet Doppler mesure en continu la force du courant et sa direction depuis sa surface jusqu'à une centaine de mètres de profondeur.

A partir de Miami, toutes les minutes, un appareil pompe un peu d'eau de mer et en analyse les propriétés.

Celles-ci comprennent la salinité, la température et le taux d'oxygène mais aussi la quantité de chlorophylle « a », de phyco cyanine et de phycoérythrine.

Le premier composé est un pigment photosynthétique présent dans l'ensemble du phytoplancton et qui renseigne sur l'importance de son stock. Les deux autres sont utilisés par les cyanobactéries. Cyanobactéries et phytoplancton prolifèrent dans des régions aux conditions (température, salinité) différentes et ne partagent pas les mêmes nutriments mais jouent tous les deux un rôle considérable dans la fixation du gaz carbonique présent dans l'atmosphère et donc dans le climat global.

Deux fois par jour, matin et soir, les chercheurs réalisent un sondage jusqu'à 250 m de profondeur, effectuant les mêmes mesures qu'en surface et en y ajoutant celle de la luminosité. Dans les remous du Gulf Stream, appelés *eddies*, et éventuellement dans la zone de formation d'eau profonde, les sondages seront plus fréquents. Ces données, alliées à celles sur les aérosols (lire en page 30), fourniront un tableau inédit du Gulf Stream, rassemblant les caractéristiques physiques et biologiques non seulement du courant mais aussi de l'air qui le surplombe.



Carte du Gulf Stream par Benjamin Franklin, vers 1770 (NOAA photo library)

1513

LE GULF STREAM EST DÉCRIT POUR LA PREMIÈRE FOIS PAR LE CONQUISTADOR JUAN PONCE DE LEÓN. SON JOURNAL DE BORD ÉVOQUE UN COURANT QUI FAIT RECULER SON NAVIRE MALGRÉ LE VENT.

1519

ANTON DE ALAMINOS, ANCIEN PILOTE DE JUAN PINCE DE LEÓN, EXPLOITE LA FORCE DU COURANT POUR RENTRER EN EUROPE.

1768

BENJAMIN FRANKLIN, RESPONSABLE DES POSTES DES FUTURS ÉTATS-UNIS, TENTE DE SAVOIR POURQUOI LES NAVIRES VENUS D'EUROPE METTENT PLUSIEURS SEMAINES DE PLUS À TRAVERSER L'ATLANTIQUE QU'EN SENS INVERSE. IL FOURNIT LA PREMIÈRE EXPLICATION CORRECTE DE L'ORIGINE DU GULF STREAM. IL EST ÉGALEMENT LE PREMIER À LE CARTOGRAPHIER.

En poursuivant sa route vers l'est, le Gulf Stream se divise en deux à la hauteur des Açores et perd son nom. Une branche continue vers l'Espagne, descend vers le sud, longe les côtes de l'Afrique et retransverse l'Atlantique vers l'équateur avant de rejoindre les Antilles et de fermer la boucle au large de la Floride. C'est le gyre subtropical de l'Atlantique Nord qui entoure la mer des Sargasses et qu'empruntent, entre autres, les tortues marines.

L'autre branche, appelée le courant Nord-Atlantique, est déviée vers le nord et l'Islande où elle se divise encore, direction la Norvège d'un côté, et la pointe du Groenland de l'autre. Après ce long trajet, l'eau s'est considérablement refroidie. Elle a transmis l'essentiel de sa chaleur à l'atmosphère qui l'a à son tour apportée au continent européen. L'évaporation a été telle que l'eau restante est également devenue très salée. En arrivant dans les régions polaires, elle subit un dernier brusque coup de froid. La combinaison de la salinité et du froid fait que la densité du courant dépasse subitement celle de la mer environnante qui, pour sa part, reçoit un apport important d'eau douce (et donc légère) issue de la fonte des glaces.

L'eau finit donc par plonger. Cette formation d'eau profonde est un phénomène qui n'existe, à cette échelle du moins, qu'en Atlantique Nord. Le phénomène se déroule essentiellement en mer de Norvège et, dans une moindre mesure, en mer du Labrador et en mer du Groenland. A ces endroits, et de manière assez variable selon la saison, l'eau descend à pic de plusieurs kilomètres, parfois assez rapidement. Une fois en bas, elle alimente alors ce qu'on appelle l'Eau Atlantique Profonde (*North Atlantic Deep Water*). Cette dernière forme une rivière d'eau très salée à 2000-3000 mètres de profondeur qui descend l'océan Atlantique jusqu'en Antarctique. Elle recueille au passage diverses contributions, dont celle de la Méditerranée dont une partie de l'eau salée plonge aussi au sortir du détroit de Gibraltar. La rivière sous-marine rejoint finalement le courant circumpolaire antarctique, encore plus puissant que le Gulf Stream.

De là, l'eau est distribuée dans les trois océans, Pacifique, Indien et Atlantique. Dans chaque cas, elle remonte environ au niveau de l'équateur et des côtes continentales pour alimenter les gyres subtropicaux des hémisphères Nord et Sud dont fait partie le Gulf Stream.

«*Notre espoir est d'identifier l'endroit où l'eau plonge, annonce Christel Hassler. Malheureusement, en été, la zone concernée est très petite. Il n'est pas sûr que nous la trouvions. Avec PlanetSolar, nous allons donc quadriller la région au nord de*

l'Islande, là où nous aurons le plus de chance de succès. Je serai à bord du bateau pour cette partie du voyage. Il faudra suivre sans cesse le résultat de nos mesures de salinité et de température grâce auxquelles nous pourrions peut-être reconnaître et étudier de manière approfondie ce phénomène. »

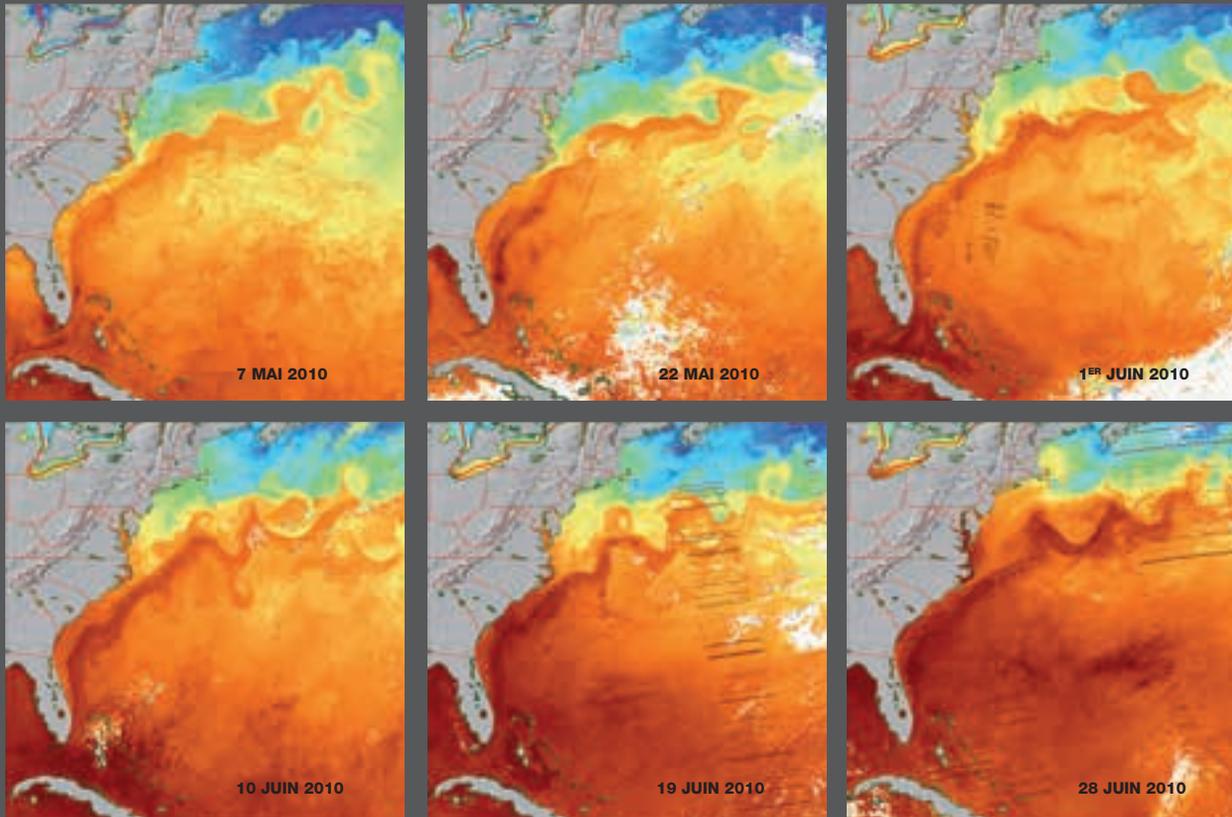
Un phénomène unique et précieux. Car non seulement il contribue à alimenter le Gulf Stream et donc à modérer le climat européen. Mais en plus, il envoie régulièrement par le fond, sans possibilité de retour, d'énormes quantités de carbone soustraites à l'atmosphère par le phytoplancton et les cyanobactéries, aussi appelées algues bleues-vertes, ce qui atténue l'émission des gaz à effet de serre due aux activités humaines.

Ces petits organismes sont en effet aussi efficaces que l'ensemble des prairies et des forêts pour fixer le gaz carbonique. A lui seul, le phytoplancton produit la moitié de l'oxygène que nous respirons. Phytoplancton et bactéries se régénèrent

«NOTRE ESPOIR EST D'IDENTIFIER L'ENDROIT OÙ L'EAU PLONGE. MALHEUREUSEMENT, EN ÉTÉ, LA ZONE CONCERNÉE EST TRÈS PETITE.»

CHRISTEL HASSLER, PROFESSEURE ASSISTANTE À L'INSTITUT FOREL, FACULTÉ DES SCIENCES

aussi très rapidement (leur population peut doubler en quelques jours) tout en étant sensibles aux conditions environnementales. Ils représentent donc d'excellentes sentinelles pour mesurer la pression anthropique sur la nature. C'est pourquoi les chercheurs genevois étudieront de manière intensive leur distribution le long du Gulf Stream ainsi qu'en profondeur.



LE GULF STREAM
PHOTOGRAPHIÉ DEPUIS L'ESPACE ENTRE LE 7 MAI ET LE 28 JUIN 2010 PAR LE RADIMÈTRE AVHRR (ADVANCED VERY HIGH RESOLUTION RADIO-METER), UN INSTRUMENT EMBARQUÉ SUR LE SATELLITE POES DU « NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION ».

LA COULEUR INDIQUE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE SURFACE. LES ZONES ROUGES SONT LES PLUS CHAUDES ET LES BLEUES LES PLUS FROIDES.

DES TOURBILLONS (« EDDIES ») SE FORMENT SUR LES MARGES DU COURANT.

NOAA

LA MISSION OUBLIÉE



En juillet 1969, le monde entier a les yeux rivés sur le ciel pour suivre l'aventure haletante de l'équipage d'Apollo 11 en partance pour la Lune. Qui se souvient qu'au même moment, entre 100 et 700 m sous la surface de l'Atlantique, une autre capsule tout aussi hermétique se laisse porter tranquillement par le Gulf Stream ? Le 16 juillet, à bord du sous-marin PX-15 Ben Franklin, l'océanographe et explorateur suisse Jacques Piccard, fils d'Auguste et père de Bertrand, admire le plancton qui l'entoure au travers d'un des 29 hublots du submersible qu'il a lui-même conçu. Il n'est qu'à 60 miles de Cap Canaveral au moment du lancement d'Apollo 11. Quatre jours plus tard, les deux

premiers hommes de l'histoire marchent sur la Lune. Dans un article qu'il écrira dans le *New York Times* le 20 août, Piccard note que « mis à part les 800 millions de Chinois et Albanais », lui et ses cinq compagnons sont probablement les seuls êtres humains sur Terre à avoir manqué la retransmission de l'événement à la télévision. Jacques Piccard, qui a étudié l'économie à l'Université de Genève, est alors déjà connu du grand public pour avoir été le premier, en 1960, à toucher le fond de la fosse des Mariannes à 10 916 m de profondeur à bord du Trieste. Il est également le constructeur du mésoscaphe Auguste Piccard qui emportera plus de 30 000 personnes admirer le fond du Léman entre 1963 et 1965. Construit par l'entreprise Giovanola à Monthey, le Ben Franklin est dessiné spécialement pour sa mission: l'étude du Gulf Stream. Parfaitement silencieux, il est emporté par le puissant courant à une vitesse moyenne de 2 nœuds. A l'aide d'une multitude de détecteurs, l'équipage effectue des millions de relevés de température, de salinité et de composition de l'eau, notamment en chlorophylle et en sels minéraux. Suivi en surface par le navire océanographique

Privateer qui déclenche régulièrement des explosions en surface, le submersible mesure aussi les échos et la vitesse du son dans l'eau. L'ingénieur suisse **Erwin Aebersold (photo prise en 1969)** est également à bord du Ben Franklin. Il rédige un journal précis et richement illustré de l'expédition. Ironiquement, la compagnie américaine Grumman Corporation qui a financé le projet, convaincue par Jacques Piccard de l'importance d'étudier le Gulf Stream, est la même qui a construit le module lunaire (LEM) de la mission Apollo. L'agence spatiale des Etats-Unis, la Nasa, joue elle aussi sur les deux tableaux puisqu'un de ses scientifiques est à bord du Ben Franklin pour étudier les conditions de vie prolongée (des humains et des microbes) dans un espace confiné en vue de la construction d'une station spatiale habitée (Skylab sera mise en orbite de 1973 à 1979). En tout, le périple sous-marin durera 31 jours. Parti au large de Palm Beach en Floride, le submersible de 130 tonnes parcourt 1500 miles nautiques. Après s'être fait enlacer par un calmar et attaquer par un espadon agressif, il refait surface au large de la Nouvelle-Ecosse le 14 août.

LES OCÉANS COUVRENT PLUS DE 70 % DE LA SURFACE DE LA PLANÈTE.

LE VENT, LES VAGUES ET L'ÉVAPORATION GÉNÈRENT L'ÉMISSION DE PARTICULES QUI RESTENT EN SUSPENSION DANS L'AIR.

LES AÉROSOLS PRÉSENTS AU-DESSUS DES OCÉANS REFLÈTENT PROBABLEMENT LES CONDITIONS PHYSIQUES ET L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DANS L'EAU.

UNE MACHINE À TRAQUER LES AÉROSOLS

COUP DE LASER SUR LES EMBRUNS AVEC LA BIOBOX

UN APPAREIL MIS AU POINT PAR LES PHYSICIENS DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE PERMET D'IDENTIFIER LE CONTENU DES AÉROSOLS ÉMIS PAR LES OCÉANS. CE PHÉNOMÈNE JOUE UN RÔLE IMPORTANT DANS LE CLIMAT DE LA PLANÈTE MAIS IL EST ENCORE TRÈS MAL CONNU

Une gouttelette d'eau de mer arrachée à l'océan qui s'évapore et relâche son contenu microscopique dans l'atmosphère, cela arrive tout le temps et ce n'est sans doute pas ça qui va changer la face du monde. Mais si l'on considère ce petit phénomène à l'échelle de la Terre entière, couverte à 70% d'eau, on obtient l'un des problèmes les plus épineux auxquels sont confrontés les climatologues. En effet, les aérosols émis par les océans exercent une influence sur le climat de la planète. Personne n'en doute mais personne ne sait exactement comment ni à quelle hauteur.

Embarqué sur le MS *Türanor PlanetSolar*, le bateau solaire parti étudier le Gulf Stream, un appareil mis au point par des chercheurs de l'Université de Genève devrait aider à y voir plus clair dans ces insaisissables embruns. Baptisé Biobox, le dispositif a été initialement développé pour mesurer le pollen sur la terre ferme. Il a été adapté de façon à résister aux secousses incessantes d'un navire et à identifier les particules émises par les océans.

Des millions de particules En y regardant de près, que ce soit sur terre ou sur mer, l'air n'est jamais vraiment pur. Chaque mètre cube de l'atmosphère contient, en moyenne, des centaines de millions de particules.

«*Notre méconnaissance concernant ces aérosols, leur concentration, leur nature et leur effet, est à l'origine de la plus grande incertitude dont souffrent les modèles climatologiques actuels*», précise Jean-Pierre Wolf, professeur au Groupe de physique appliquée (Faculté des sciences) et responsable du projet Biobox.

L'APPAREIL A ÉTÉ ADAPTÉ DE FAÇON À RÉSISTER AUX SECOURSSES INCESSANTES D'UN NAVIRE ET À IDENTIFIER LES PARTICULES ÉMISES PAR LES OCÉANS

En effet, dans les deux derniers rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les modèles du «forçage radiatif» sont entachés d'une erreur importante (+/- 60%). Et la quasi-totalité de cette incertitude est attribuée aux aérosols.

Le forçage radiatif est le bilan entre l'énergie lumineuse du Soleil reçue par le système terrestre (planète et atmosphère) et le rayonnement que la Terre émet vers l'espace. Si cette

grandeur est positive, le soleil apporte plus de chaleur que la Terre ne peut en évacuer. Dans ce cas, un effet de serre excessif produit un réchauffement global, situation qui semble être celle qui prévaut aujourd'hui.

L'inverse, qui pourrait survenir en cas de couverture nuageuse très importante réfléchissant la quasi-totalité des rayons du soleil, entraînerait un refroidissement au niveau du sol. Entre les deux, c'est l'équilibre.

Qu'il s'agisse des gaz à effet de serre (CO₂, méthane, oxydes d'azote, etc.), de l'ozone, de la vapeur d'eau stratosphérique, de la nature du sol (eau, terres,

neige, roches, forêts...) ou encore des aérosols (nuages ou particules), de nombreux éléments entrent en ligne de compte dans le calcul du forçage radiatif.

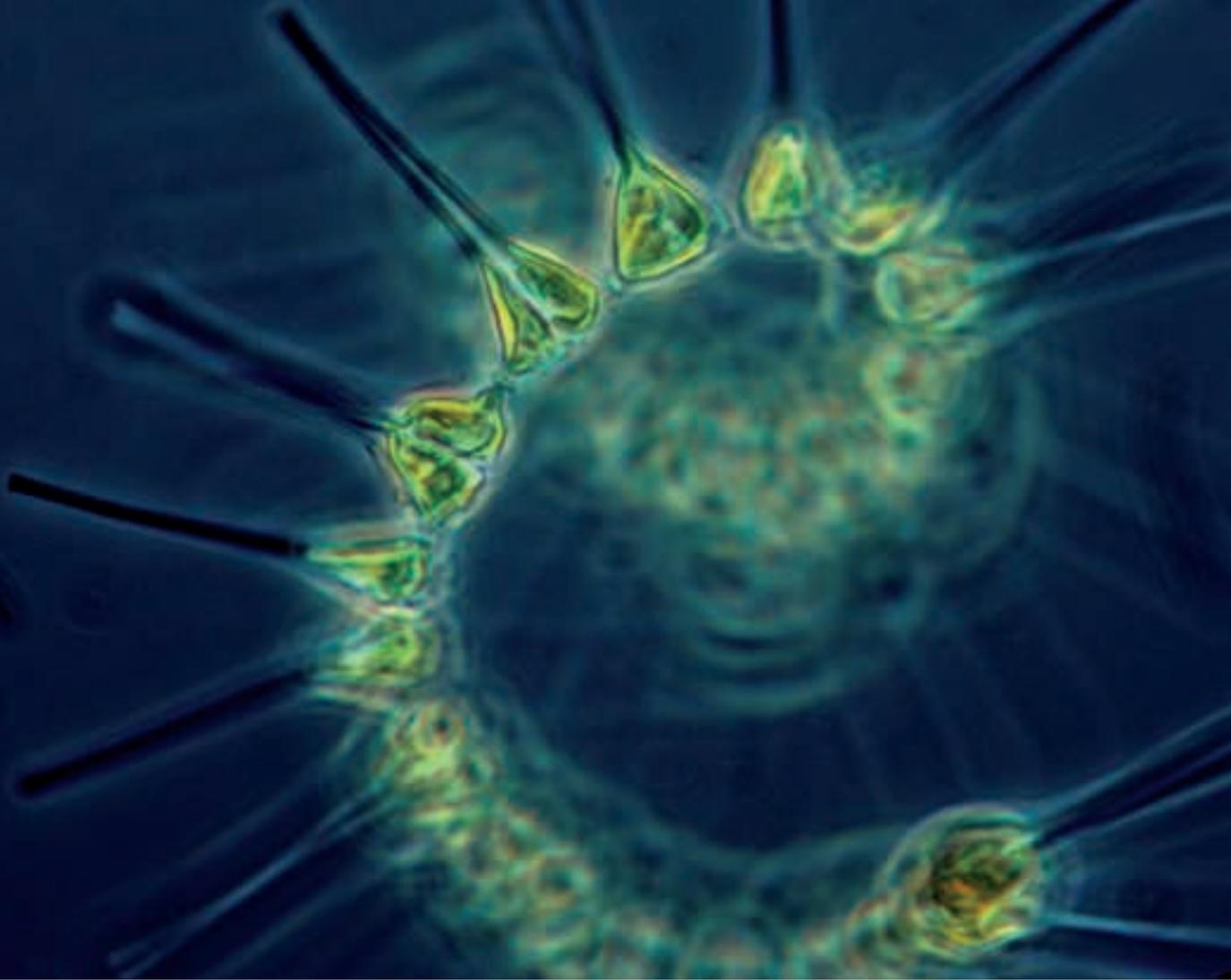
Alors que la contribution des gaz à effet de serre est clairement positive, celle des aérosols est négative. Cela signifie que ces derniers ont, dans l'ensemble, tendance à réfléchir les rayons du soleil de manière directe, par les poussières ou autres composés chimiques, mais aussi de manière indirecte par les nuages. Les aérosols servent en effet de noyau de condensation pour la vapeur d'eau et se trouvent ainsi à l'origine de la formation des nuages. Ces derniers, surtout



LE PHYTOPLANCTON
EST UN GROUPE DE
PETITS ORGANISMES
PEUPLANT LES OCÉANS.

IL VIT DE LA PHOTO-
SYNTHÈSE, FIXE
LE CARBONE ET PRODUIT
DE L'OXYGÈNE.

IL SE TROUVE ÉGALEMENT
À LA BASE DE
LA CHAÎNE ALIMENTAIRE
DES ANIMAUX MARINS.



DR

UNE BOÎTE À BIEN «PLAIR»



DR

Météosuisse cherche à automatiser son système de détection des pollens et des spores. Il était temps : la technique actuelle consiste à exposer à l'air un ruban adhésif, à attendre un laps de temps précis avant d'observer et de compter les particules qui y sont collées. Parmi les différentes options envisagées par le service météorologique et climatologique national pour se moderniser se trouve la Biobox, mise au point par des chercheurs du Groupe de physique appliquée (GAP).

«Cet appareil aspire de l'air qu'il souffle ensuite sous la forme d'un jet étroit dans une petite chambre, explique Denis Kiselev, assistant au GAP qui a terminé sa thèse sur la conception de la Biobox. Le jet passe exactement au point de croisement de deux rayons laser rouge. Si une particule passe par là, elle diffuse cette lumière. Deux détecteurs permettent ensuite de mesurer cette diffusion et son intensité, ce qui permet de déduire la taille de l'impureté.» Dès qu'une particule est détectée, elle est bombardée par un autre laser, émettant de la lumière ultraviolette. Elle absorbe alors les UV et réémet immédiatement de la lumière visible : c'est la fluorescence. Un autre détecteur analyse ce signal et en tire un spectre qui fournit une idée de la composition chimique de chaque particule. Cette information est essentielle dans le cas, fréquent, où l'on veut faire la différence entre des pollens d'espèces différentes mais dont la taille est identique. La Biobox embarquée sur le MS *Tûranor PlanetSolar* fonctionne sur le même principe. Très compacte, de la taille d'un carton de bananes, elle a été adaptée à la détection des

aérosols marins : bactéries ou planctons, bref, tout ce qui mesure plus d'un micron et qui émet de la fluorescence. Autre avantage, surtout par rapport à la technique du ruban adhésif également en vogue en océanographie : la Biobox, reliée à un ordinateur, fonctionne en continu. Les perspectives commerciales intéressantes de l'appareil ont convaincu Denis Kiselev, Jean-Pierre Wolf, professeur au GAP, et Svetlana Afonina, étudiante, de fonder une start-up. Baptisée Plair, celle-ci devrait voir le jour cette année encore. L'équipe a d'ores et déjà marqué un bon point en parvenant en finale du concours suisse Venture 2012 organisé par McKinsey qui prime les 20 meilleurs business plan qui lui sont soumis. Dans un premier temps, le succès de Plair dépendra beaucoup de la décision de Météosuisse puisque l'agence souhaite moderniser toutes les stations météorologiques du pays. La Biobox n'est pas seule sur les rangs mais ce qui est sûr, c'est qu'elle aura un avantage certain sur ses concurrents puisqu'elle aura passé un sacré test en se faisant balloter à bord d'un navire durant trois mois.

ceux qui flottent à très haute altitude, reflètent le soleil de manière très efficace, privant les terres situées en dessous de sa chaleur.

Il existe plusieurs sources d'aérosols. La pollution générée par les activités humaines en émet de grandes quantités, notamment par la combustion du bois, du diesel ou du mazout, l'incinération des déchets ou encore l'activité de certaines usines et des centrales thermiques au charbon. De nombreuses études au sol, dans les villes notamment, ou en ballon, permettent de quantifier de manière assez précise ce type d'émissions de particules.

Les feux de forêts, les tempêtes de sables et les volcans sont aussi des producteurs importants de particules quoique de manière plus ponctuelle. Leurs émissions, particulièrement denses, sont souvent aisées à mesurer par satellite.

Et puis, il y a les particules émises par les océans : sel, virus, bactéries, plancton ou encore les composés sulfatés. Les chercheurs ont en effet découvert, depuis peu, que les océans émettent entre un quart et un tiers des aérosols sulfatés présents dans l'atmosphère. Ces molécules, dont on pensait qu'elles étaient exclusivement produites par les volcans, la consommation d'énergie fossile et la combustion de biomasse par l'homme, sont probablement aussi générées par l'activité biologique marine.

Donnée essentielle Le problème, pour les scientifiques, consiste à savoir à quelle hauteur ces aérosols, en particulier ceux des océans, contribuent, négativement, au forçage radiatif. Cette donnée est essentielle pour la mise au point de leurs modèles sur lesquels se basent nombre de décideurs politiques. Si l'effet est important, les prévisions climatiques (hausse de la température globale et du niveau des mers) pourraient être beaucoup moins funestes que prévu. Dans le cas contraire, c'est le scénario catastrophe qui prévaudrait. *«La quantité de particules relâchées dans l'atmosphère par mètre carré d'océan n'est pas bien grande, admet Jean-Pierre Wolf. Et même si, à l'échelle planétaire et en raison de la prédominance des mers, l'effet devient plus que significatif, la densité d'aérosols dans l'air reste localement trop faible pour être détectable précisément depuis l'espace.»*

Il faut donc se rendre sur place pour se faire une idée plus précise du phénomène. Et pour ce genre d'expéditions, *PlanetSolar*, fonctionnant exclusivement à l'énergie solaire, est le moyen de transport idéal. Non seulement il ne contribue pas, en naviguant, à l'effet de serre que le chercheur s'applique à étudier, mais, en plus, il n'émet aucune particule dans l'air susceptible de fausser les mesures, contrairement aux navires océanographiques traditionnels propulsés avec des moteurs diesels.

L'appareil destiné à l'analyse des aérosols, la Biobox (lire

ci-contre), est installé à l'intérieur du bateau, dans une des cabines de l'avant. Un tuyau relié à l'extérieur via le système d'aération permet d'aspirer de l'air pour les besoins de la mesure. Cette dernière est réalisée à l'aide de lasers et de détecteurs dont le résultat permet de reconnaître la taille des particules contenues dans l'échantillon de gaz et, surtout, de se faire une idée de leur composition chimique. Cette information est essentielle pour distinguer les aérosols de même grandeur mais de nature différente.

MIEUX ON CONNAÎT CE PARAMÈTRE, PLUS ON POURRA RÉDUIRE LES INCERTITUDES DONT SOUFFRENT LES MODÈLES CLIMATIQUES

JEAN-PIERRE WOLF, PROFESSEUR AU GROUPE DE PHYSIQUE
APPLIQUÉE, FACULTÉ DES SCIENCES

L'instrument ne fonctionne toutefois que pour les particules mesurant entre 1 et 100 micromètres. Les chercheurs se borneront à mesurer la taille des aérosols plus petits et à les compter à l'aide d'un autre appareil plus classique trouvé dans le commerce.

«Le premier objectif est de quantifier et d'identifier la nature des aérosols émis par les océans, précise Jean-Pierre Wolf. Mieux on connaît ce paramètre, plus on pourra réduire les incertitudes dont souffrent les modèles climatiques. Ensuite, nous tenterons de tisser des liens entre le taux d'émission de ces aérosols et ce qui se passe dans la colonne d'eau en dessous : température, salinité, intensité et profondeur de l'activité biologique. Il est prévu de mesurer ces paramètres presque en continu en surface et deux fois par jour jusqu'à 250 m de profondeur (lire en page 26).»

En naviguant en bordure du Gulf Stream, là où se rejoignent des courants d'origine différente, ainsi que sur la zone où ce même Gulf Stream, devenu froid, est censé plonger dans les profondeurs océaniques (au nord de l'Islande), les chercheurs rencontreront des conditions physico-chimiques suffisamment variées. *«Afin de suivre les éventuels changements dans le temps, note Jean-Pierre Wolf, l'idéal serait, bien entendu, de pouvoir répéter régulièrement les mêmes mesures à l'avenir.»*

LES PARTICIPANTS
 AU CAMP DE VACANCES
 PLANIFIÉ EN MARGE
 DE L'EXPÉDITION
 «DEEPWATER PLANET-
 SOLAR» ORGANISERONT
 EUX-MÊMES LEUR
 PÉRIPLE JUSQU'À
 L'ESCALE DE BERGEN
 EN NORVÈGE.

CAMPAGNE DE SENSIBILISATION

«PLANETSOLAR DEEPWATER» L'AVENTURE PÉDAGOGIQUE

UNE EXPOSITION AQUATIQUE, DEUX CAMPS DE VACANCES ET DE NOMBREUSES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES NOURRIRONT LE DIALOGUE AVEC LE PUBLIC DURANT TOUTE L'EXPÉDITION «PLANETSOLAR DEEPWATER»

Bateau propre, le MS *Türanor PlanetSolar* permettra aux chercheurs de l'UNIGE mobilisés dans le cadre de l'opération *DeepWater* d'effectuer des mesures qui seraient impossibles à obtenir avec un voilier ou un navire à moteur conventionnel. Mais ce n'est pas son seul avantage. Plus grand bateau solaire jamais construit au monde, le catamaran développé par Raphaël Domjan est aussi une spectaculaire attraction médiatique, comme l'a montré le très fort engouement suscité par le tour du monde achevé l'an dernier. D'où l'idée d'accompagner le volet recherche de l'expédition d'une large campagne destinée à sensibiliser le grand public aux enjeux climatiques et plus généralement à la démarche scientifique. Au programme: une exposition aux Bains des Pâquis, deux camps de vacances (à Versoix et en Norvège), ainsi qu'une foule d'activités destinées aux élèves du primaire et du secondaire non seulement en Suisse, mais également dans chaque ville où le bateau fera escale.

Le moment est bien choisi. Mise en avant, notamment par les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (GIEC), depuis la fin des années 1990, la problématique du changement climatique s'est peu à peu imposée comme une priorité dans l'agenda politique mondial. Depuis quelques années, elle a cependant été reléguée au second plan pour cause de crise économique, de guerre ou d'accident nucléaire majeur. A l'heure où la calotte glaciaire du Groenland s'est réduite dans des proportions inconnues jusqu'ici, ce recul est jugé de plus en plus alarmant par la communauté scientifique. Toute

action susceptible de contribuer à remettre le sujet à l'ordre du jour est donc la bienvenue.

Par ailleurs, le récent désaveu subi par les chercheurs du Programme national de recherche 59 («L'utilité et les risques de la dissémination des plantes génétiquement modifiées») devant le Parlement, qui a reconduit le moratoire sur les OGM alors que leur innocuité était démontrée, pose également de nombreuses questions sur le hiatus existant entre

savoir scientifique et décision politique.

Pour faire évoluer les choses, deux axes ont été privilégiés dans le cadre du projet *DeepWater*: l'information au grand public et la sensibilisation des jeunes. Dès le coup d'envoi de l'expédition, tout un chacun pourra ainsi suivre quotidiennement la vie à bord du bateau par le biais de contenus rédactionnels et vidéo diffusés sur un blog en trois langues (français, allemand, anglais) et les réseaux sociaux. «L'idée, explique Candice Yvon, coordinatrice du projet pour l'Université, est de permettre à un public aussi large que possible de s'immerger

«COMMENT MONTE-T-ON UNE EXPÉRIMENTATION, COMMENT GÈRE-T-ON LES RÉSULTATS OBTENUS, LES ALÉAS LIÉS À LA NAVIGATION MARITIME OU LES CONTRAINTES INDUITES PAR LE MILIEU?»

ger dans une démarche scientifique: comment monte-t-on une expérimentation, comment gère-t-on les résultats obtenus, les aléas liés à la navigation maritime ou les contraintes induites par le milieu?»

Pour compléter le propos et toucher une audience qui n'est pas forcément acquise à la cause scientifique, un partenariat



CHADHLERS/WFP

avec les Services industriels de Genève (SIG) donnera lieu à une présentation sur la gestion de l'énergie au niveau individuel, tandis qu'une exposition prendra ses quartiers du 15 juin au 1^{er} septembre sur le site des Bains des Pâquis. Signalée par un faux iceberg placé devant la jetée des Bains, elle comprendra une quinzaine de panneaux didactiques dont certains seront immergés dans le lac. Pour découvrir cette scénographie originale, il ne faudra donc pas oublier d'emporter avec soi masque et tuba.

Du côté des classes, de nombreuses interventions sont prévues au niveau du primaire et du secondaire. Avec l'appui de ressources pédagogiques spécialement conçues pour l'occasion, les enseignants auront notamment la possibilité de proposer à leurs élèves des séquences de travail de plusieurs semaines sur un certain nombre de thématiques liées au changement climatique. Ces modules seront couronnés par la visite de scientifiques en classe ainsi que par un échange par vidéoconférence avec l'équipage de *PlanetSolar*.

Deux camps de vacances sont par ailleurs proposés au jeune public durant l'été. Le premier, sous la forme d'un centre aéré à l'Institut Forel, permettra à des enfants de 10 à 12 ans

de réaliser sur le lac des expériences similaires à celles effectuées par l'équipe de *PlanetSolar* (circulation des courants, étude du phytoplancton, impact des changements climatiques sur les milieux lacustres). Des contacts sont également prévus avec les membres de l'expédition.

Le second, destiné aux 15 à 18 ans et organisé en collaboration avec le Centre protestant de vacances, verra un groupe d'adolescents rejoindre l'escale de Bergen sac au dos après un périple de trois semaines. Les participants auront à charge d'organiser eux-mêmes l'itinéraire et la logistique du voyage tout en réalisant une série de petites expériences scientifiques en lien avec les travaux menés à bord du bateau solaire. Là encore, des échanges réguliers auront lieu avec l'équipage.

Enfin, diverses manifestations incluant la visite du bateau par des classes sont, en outre, prévues à chaque escale (Miami, New York, Boston, Saint John's, Reykjavik et Bergen) selon le modèle éprouvé lors du tour du monde.