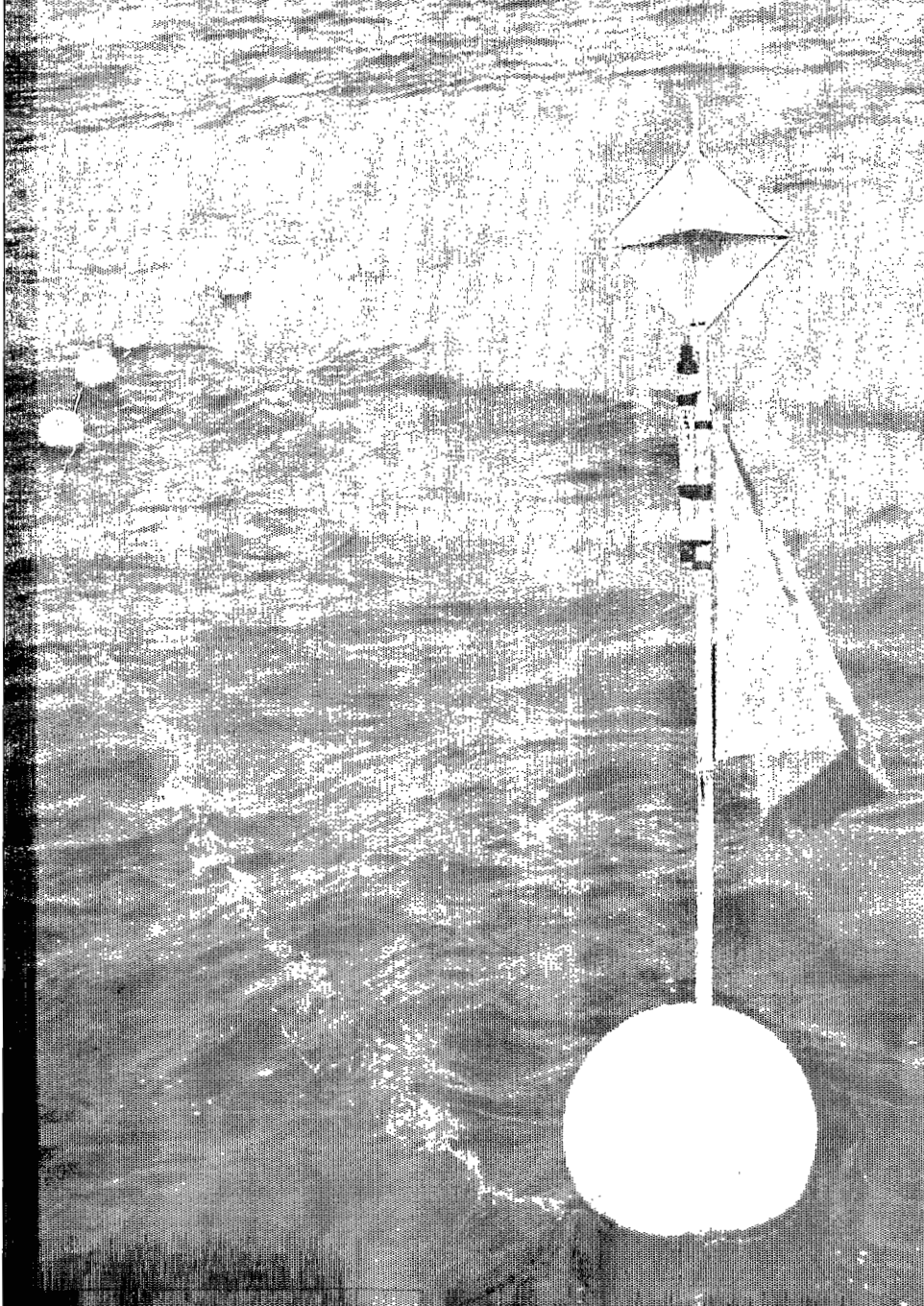


A BORD DU NOROIT

JOURNAL DE BORD D'UNE CAMPAGNE OCÉANOGRAPHIQUE
"ALIZE II", DE PANAMA À NOUMÉA
VINGT-SIX ANS APRES "ALIZE I"



"Prenez un globe terrestre, et cherchez de quel côté on ne voit plus que de l'océan, ou presque. Ça y est? Vous êtes en train de regarder le Pacifique. Et où le Pacifique est-il le plus large? C'est à l'équateur. On sait maintenant qu'on ne tombe plus dans le vide lorsqu'on franchit cette ligne latitudique. Mais elle garde encore du mystère pour le non-initié, et même pour l'océanographe. Le néophyte y fait la rencontre de Neptune, et subit les traditionnelles épreuves initiatiques, tandis que l'océanographe, qu'il soit chimiste, biologiste ou physicien, trouve mille raisons de s'y intéresser. Des chercheurs et techniciens de l'Orstom et du Cnrs ont mené, en janvier et février 1991, une longue campagne océanographique d'est en ouest, le long de cette ligne. Appelons-les les "Alizéens".

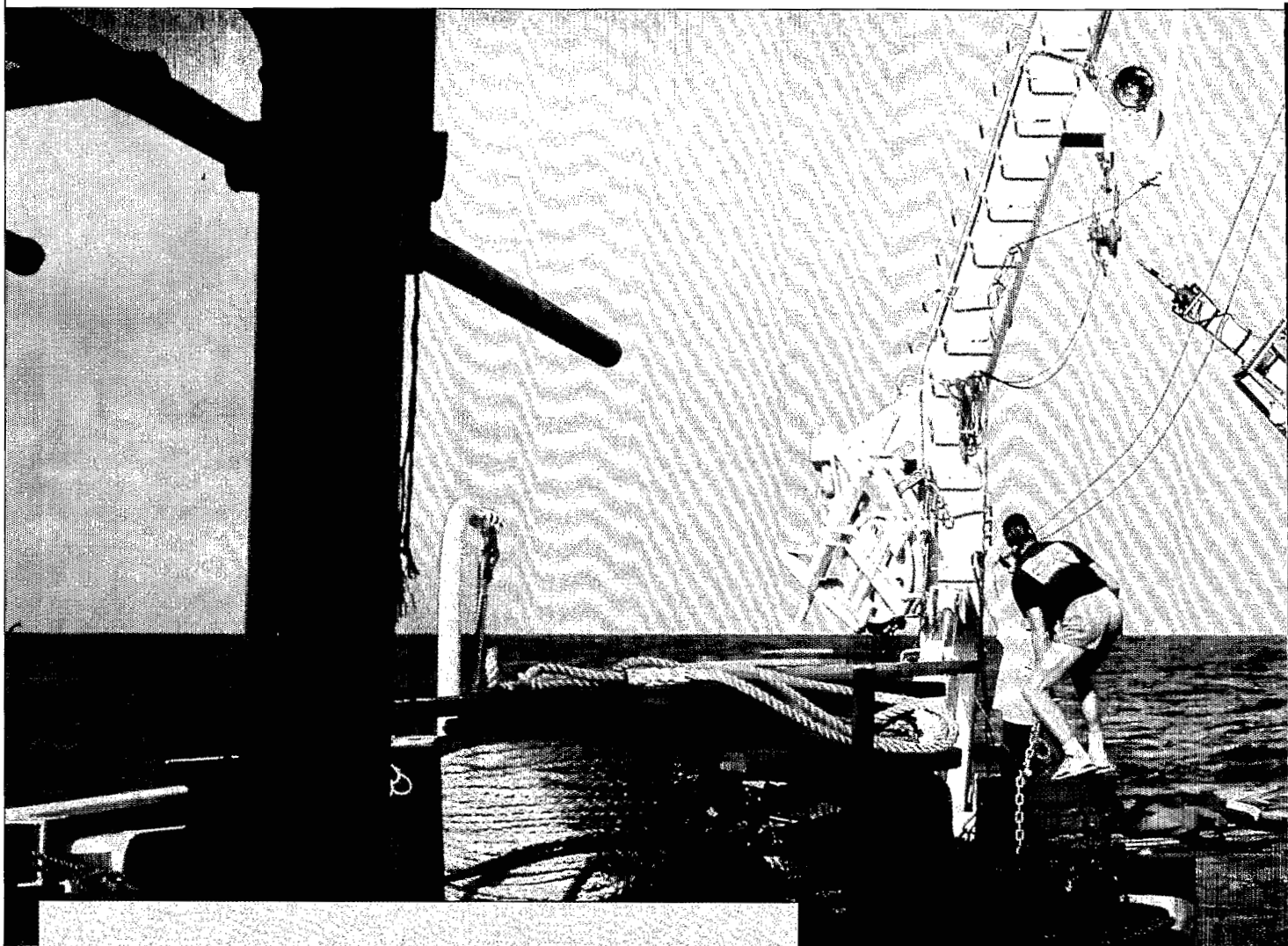
Fonds Documentaire ORSTOM



010018652

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: 19 Bx18652 Ex: 1



Exercise Alizé II : equatorial oceanography from panama to Noumea

In early 1991, Orstom and Cnrs researchers sailed right across the Pacific along the line of the Equator, taking a wide range of oceanographic measurements.

Orstom is already a world leader in equatorial oceanography, and this trip (Alizé II) had several aims. One was to study the movements of water-masses along the equator, as these play a crucial role in the occurrence of El Niño, the climatic anomaly that occurs every few years, disrupting rainfall on both sides of the Pacific and having severe economic effects.

Predicting El Niño is a major aim for oceanographers today.

A second subject of study was the equatorial upwelling, which brings cold water, rich in nutrient salts, to the surface and releases CO₂ into the atmosphere. This whole

process - affecting plankton supply at the surface and sedimentation on the ocean floor - is one of the great unknowns of the planetary carbon cycle.

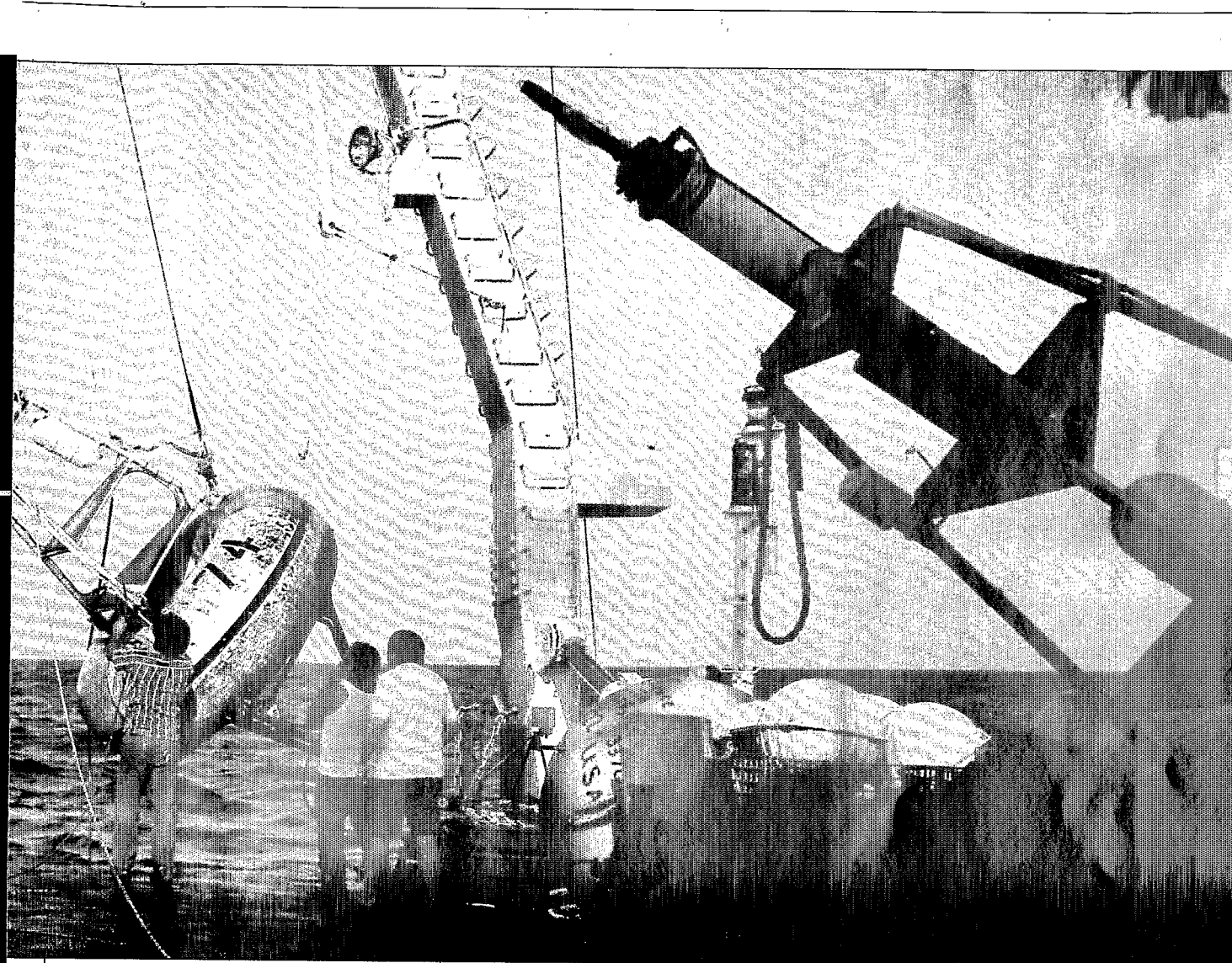
A third aim was to make a complete, once-off description of the Equatorial Pacific, using the same methods throughout.

A final point of interest for Orstom was to try out its new Doppler-effect current meter to trace the Cromwell current.

Measurements taken included vertical profiles of temperature, salinity and oxygen; sampling for nutrient salts and chlorophyll; measurement of chlorofluorocarbon, oxygen isotope 18 and carbon 13. Drifting buoys were released to measure CO₂ and temperature to 15 m depth, and to track ocean currents.

EL NINO

Ce cadeau de Noël des Péruviens (pas toujours: une fois tous les trois ans seulement, en moyenne - El Niño, l'enfant Jésus, en relation avec la fête de Noël) qui leur amène enfin la pluie, mais hélas avec excès, et les prive de poisson, débute par une hausse soudaine de la température de l'eau de mer à la côte. De l'autre côté du Pacifique tropical, c'est l'inverse: il tombe alors moins de pluie, et l'énorme couche d'eau chaude à la surface de l'océan, qui nourrit habituellement les pluies en s'évaporant, voit son épaisseur diminuer. Comme pour connaître cela, il fallait disposer de nombreuses mesures de température en profondeur, il a fallu attendre les années soixante pour s'en apercevoir. On sait maintenant qu'El Niño n'est que le signe d'une vaste anomalie climatique, au cours de laquelle la chaleur fournie par le rayonnement solaire et emmagasinée par l'Océan Pacifique Tropical est restituée à l'atmosphère à l'est et au centre du Pacifique, au lieu



Mise à l'eau d'une bouée Atlas du réseau TOGA - Photo : Alain Morlière

de l'être dans l'ouest et dans la région des moussons d'Asie. Les conséquences économiques de cette anomalie sont nombreuses, variées, et dans bien des cas, catastrophiques. Prévoir El Niño est un des objectifs les plus ambitieux de l'océanographie d'aujourd'hui. Et justement, l'équateur joue un rôle clef dans le déclenchement de cette anomalie: les déplacements de masses d'eau vers l'est sont en effet canalisés par l'équateur sous l'effet de la force de Coriolis. Et c'est donc le long de l'équateur que cheminent les eaux chaudes qui vont, au bout de leur course, au Pérou, déclencher un El Niño.

L'UPWELLING EQUATORIAL

Cette même force de Coriolis, qui amène les mouvements d'ouest en est à se propager le long de l'équateur, fait au contraire s'en écarter ceux qui se propagent vers l'ouest. Or, sous l'influence des vents Alizés, les courants de surface, dans le Pacifique tropical, portent en général vers l'ouest. Dans l'hémisphère nord comme dans l'hémisphère sud, l'eau superficielle s'écarte donc de l'équateur. Pour la remplacer, de l'eau

profonde remonte. C'est ce qu'on appelle un upwelling. Cette eau profonde est plus froide que l'eau de surface; elle contient des sels nutritifs en abondance; la distribution verticale des éléments qui caractérisent les masses d'eau est fortement modifiée à l'équateur. Les eaux qui arrivent en surface sont sursaturées en gaz carbonique par rapport à l'atmosphère. Lorsqu'elles se réchauffent par la suite, cette sursaturation s'accroît. Dans la région équatoriale, l'océan perd donc du gaz carbonique au profit de l'atmosphère. Environ 50 gigatonnes sont ainsi injectées dans l'atmosphère par l'upwelling équatorial (à titre indicatif, la quantité de gaz carbonique que renferme l'atmosphère n'augmente que de 3 gigatonnes par an, ce qui est suffisant pour faire craindre un réchauffement climatique par renforcement de l'effet de serre).

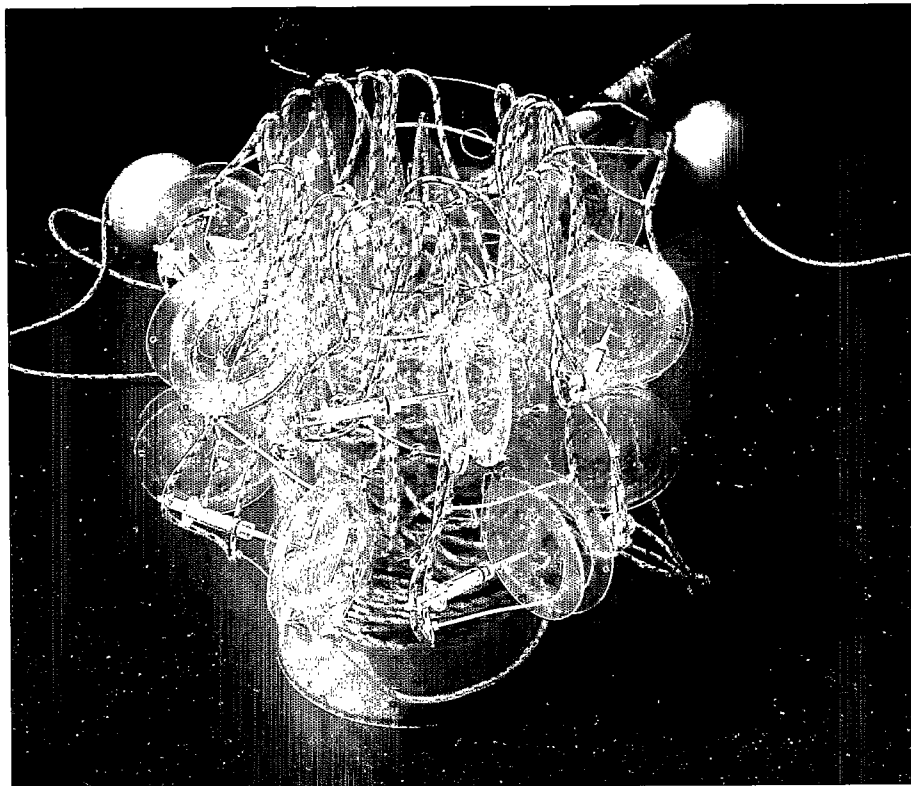
UNE ACTIVITE BIOLOGIQUE INTENSE

Les sels nutritifs qui remontent vers la surface dans l'upwelling équatorial gagnent ainsi les couches éclairées de l'océan. Ils donnent alors lieu à une forte

croissance du phytoplancton, et ces régions de forte biomasse végétale sont également des zones de pêche thonière importantes. D'autre part, comme cette croissance végétale se fait pas photosynthèse, elle s'accompagne d'une transformation du gaz carbonique dissous dans l'eau en matière organique. Lorsque le plancton meurt, une partie du carbone organique ainsi formé sédimente vers les grands fonds. Ce processus est l'une des grandes inconnues du cycle global du carbone, et pourrait être d'une importance capitale pour l'évolution du climat de la planète.

LE CONCERT DES RECHERCHES INTERNATIONALES

Ces particularités de la zone équatoriale ont retenu depuis longtemps l'attention des océanographes. Le programme international TOGA (Tropical Ocean - Global Atmosphere) qui a débuté en 1985, a pour objectif de comprendre les interactions entre l'océan tropical et l'atmosphère, afin d'arriver à prévoir l'évolution climatique à des échelles de temps allant du mois à l'année. Pour y parvenir, le réseau d'observations le plus



Le "Let Go" - Photo Gaëlle Plouzenneec

important jamais mis en oeuvre a été déployé, et sera maintenu jusqu'en 1995... en partie grâce à l'Orstom : il s'agit de l'observation de la structure thermique de l'océan par des sondes à tête perdue lâchées à partir de navires de commerce, campagnes océanographiques, de bouées fixes ou dérivantes. Les échanges de carbone très intenses qui ont lieu à l'équateur entre l'océan et l'atmosphère, et entre le monde vivant et les sédiments profonds, font de cette région le théâtre de la prochaine étude internationale menée sous l'égide du programme JGOFS (Joint Global Ocean Fluxes Study) qui a pour objectif de comprendre et quantifier les flux océaniques de carbone. Une participation de l'Orstom à ce programme est à l'étude.

L'EPOPEE

Pourquoi, dans ce contexte, y a-t-il eu si peu de campagnes océanographiques à avoir coupé le Pacifique le long de l'équateur? La réponse est simple: cet océan est immense, et les escales techniques pour se ravitailler en pétrole, en eau douce et en vivres, sont rares. La première coupe océanographique équatoriale du Pacifique a été réalisée par l'Orstom lors du voyage de conduite à Nouméa du navire océanographique Coriolis en 1965. La coupe de température qui en a résulté est l'une des plus fréquemment citées dans la littérature océanographique, et servait encore il n'y a pas longtemps à contraindre les modèles numériques de simulation de l'océan. Cette campagne

avait été baptisée Alizé I, du nom du vent portant qui l'avait accompagné jusqu'en Papouasie.

En 1991, c'est encore un voyage de conduite, celui du navire océanographique Le Noroît, qui va permettre de réaliser la campagne Alizé II. Mais le Noroît ne peut pas emmagasiner de grosses réserves de pétrole. Les Alizéens devront donc relier Panama à Tahiti en naviguant sur un seul moteur, à 8 noeuds, refaire le plein à Tahiti, puis se remettre en route sur un seul moteur, à moins qu'on puisse faire le plein à nouveau à Majuro, ou à Nauru, ou encore à Honiara. Mais ce dernier plein ne sera pas nécessaire: poussé vers l'ouest par un courant équatorial sud particulièrement puissant, le Noroît ne cessera pas de nous étonner, et les objectifs et les délais seront tenus, en deux longues courses d'un mois chacune, séparées par une courte escale à Tahiti.

PANAMA, LE 31 DÉCEMBRE 1990 : UN RENDEZ-VOUS REUSSI

A l'origine de la campagne ALIZE II, une initiative de Gilles Reverdin, du Cnrs, qui travaille au LODYC en compagnie de chercheurs Orstom. Le LODYC (Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie, prononcer "l'Odyssée") est implanté à l'Université de Paris VI; c'est une unité mixte Cnrs/Orstom/Université. Pour une bonne partie, les recherches qui y sont menées ont les mêmes objectifs que le programme TOGA, et le Pacifique équatorial est au centre des préoccupations.

Au Centre Orstom de Nouméa, on a aussi suivi ce projet avec intérêt: pour le Groupe PROPPAC (PROduction Pélagique du PACifique), c'était une occasion unique de décrire d'un seul coup, avec les mêmes méthodes d'un bout à l'autre, l'ensemble du Pacifique équatorial. Pour le Groupe SURTROPAC (SURveillance TRans-Océanique du PACifique), cette campagne offrait la possibilité d'utiliser pour la première fois le nouveau courantomètre à effet Doppler.

Les Alizéens étaient du LODYC (Orstom et Cnrs), du Centre Orstom de Nouméa et de l'Iremer. Le matériel lui aussi venait de ces laboratoires et de deux laboratoires américains. Une partie a pu être embarquée à Brest, avant l'appareillage du Noroît, après avoir été acheminée par bateau, par avion, ou par camion. Une autre partie du matériel devra être expédiée par avion à Panama.

TRADITIONS A PANAMA

Panama ne pouvait pas ne pas devenir un lieu privilégié: les Conquistadores ont très tôt trouvé le passage le plus court de l'Atlantique au Pacifique. Portobello, du côté Atlantique, est la place fortifiée où arrivait l'or, porté à pied depuis Panama. On y voit encore des fortifications nombreuses, et des canons pointés sur la baie. Le chemin emprunté par les Conquistadores ne longeait pas le Canal, pas plus que la route moderne qui traverse l'isthme. Le spectacle du Canal est captivant: tracteurs et écluses sont mis en mouvement sans relâche, jour et nuit, et on voit en quelques minutes les énormes cargos s'enfoncer ou surgir des biefs.

En mer, c'est plus monotone. A peine si les nouvelles de la guerre du Golfe nous parvenaient. Avons-nous aperçu cinq navires en deux mois? Ce n'est pas sûr. Le rayon vert? encore moins sûr. L'équateur? Oui! et quelques bizuths auxquels Neptune et Amphitrite ont décerné le diplôme de passage de vin vinaigré à l'eau de mer et mangé le saucisson de marshmallow au poivre et au sel, ils peuvent maintenant ajouter ce prestigieux diplôme à leur curriculum vitae.

Au reste, on ne pouvait pas la rater cette ligne: au nombre des Alizéens figurait Philippe Hisard, qui avait déjà participé à Alizé I en 1964-65. Pensez s'il connaissait la route. Les choses ont bien changé paraît-il: à cette époque, on pouvait s'arrêter partout, être reçu avec des colliers de fleurs. Maintenant, il y a les zones économiques exclusives...

PLUSIEURS "PREMIERES"

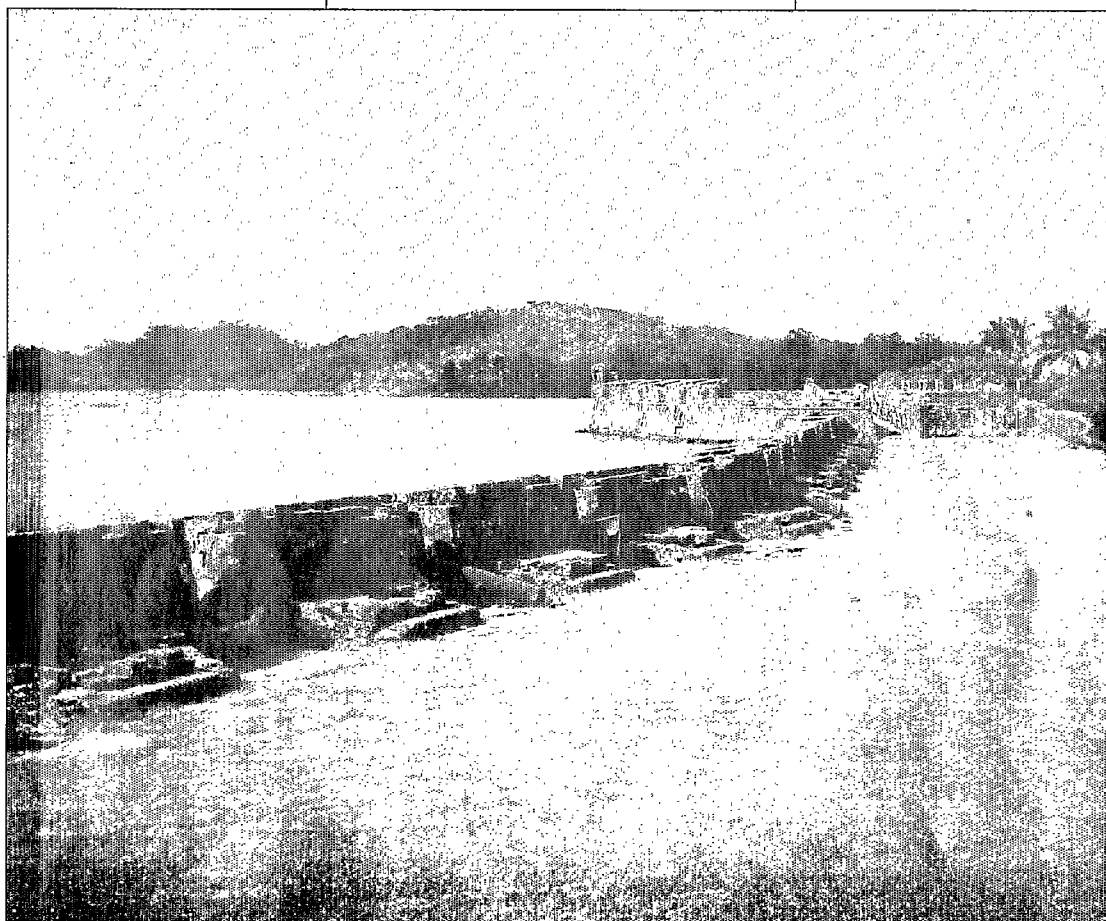
Le programme de la mission comportait des mesures en station, et des mesures en route, en continu. Les mesures en station étaient assez classiques: profils verticaux de température, salinité, oxygène, à l'aide d'une sonde, et prélèvements d'eau de mer à la "rosette" pour les dosages de sels nutritifs et de chlorophylle. Sur ces mêmes prélèvements, les mesures de chlorofluorocarbène, et celles des isotopes 18 de l'oxygène et 13 du carbone étaient moins classiques. Ces éléments qualifiés de "traceurs de masses d'eau" aident en effet à déterminer l'origine de ces masses d'eau, et à mieux comprendre leurs processus de formation et de mélange. Autre mesure originale en station - très originale même, puisqu'il s'agissait d'essayer une nouvelle technique - la fixation photosynthétique du carbone. Un montage méticuleux d'une ligne de 120 mètres de long, garnie tous les dix mètres de chambres à incubation en plexiglass et de seringues remplies de carbone 14,

permettait, dès l'arrivée en station, le déploiement de cette ligne, la fermeture des chambres, et l'injection du carbone 14 pour incubation. Déploiements réussis sous les applaudissements; il reste à améliorer les autres points, et notamment la préparation des produits. En route, l'eau de surface pompée en permanence était dirigée vers deux systèmes pour la mesure de la pression partielle du gaz carbonique dans la mer. Le premier système servait de référence pour le second, il a été développé et automatisé au Centre Orstom de Nouméa, grâce à des crédits attribués par le programme français CO2. Assemblé dans son entier pour la première fois au début de la campagne ALIZE II, ce système a fonctionné de manière tout à fait satisfaisante. Il est destiné à être embarqué sur un cargo, afin d'estimer les échanges de CO2 entre l'océan et l'atmosphère sur la ligne de navigation du Havre à Nouméa. Le second système est un prototype développé au LODYC avec le concours de l'IFP (l'Institut Français du Pétrole) et du CEA, destiné à être placé sur une bouée dérivante et à

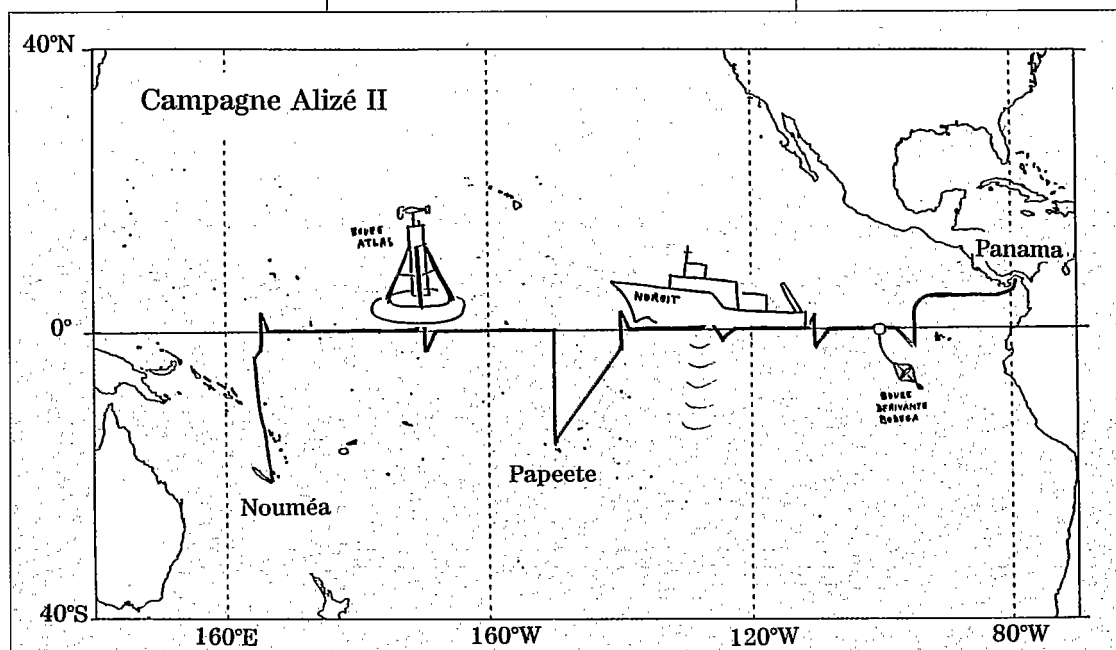
émettre ses données par le système de transmission par satellite : Argos. Il comporte une cellule remplie de bleu de thymol séparé du milieu extérieur par une membrane de silicone, perméable aux gaz. Le passage de CO2 à travers cette membrane fait varier le pH, et donc la couleur de la solution de bleu de thymol. Un spectrophotomètre miniaturisé permet de suivre les variations de la couleur de la solution, et, si ce système s'avère efficace, de suivre les variations de la pression partielle de CO2 dans l'eau de mer. Les premiers essais ont eu lieu lors de la campagne ALIZE II. Ils ont permis d'identifier les principales difficultés, d'en résoudre quelques-unes, et d'obtenir d'excellents résultats sur des périodes de quelques jours.

LES BOUEES DERIVANTES

En cours de route, mais de façon ponctuelle, des bouées dérivantes munies de capteurs de température jusqu'à 15 mètres de profondeur ont été abandonnées aux courants. Réalisées au LODYC avec le concours de l'Ifremer,



Portobello : on y voit encore des fortifications nombreuses et des canons pointés sur la baie - Photo : Alain Morlière



ces bouées sont maintenant gérées au Centre Orstom de Nouméa, et émettent vers le système Argos leurs positions successives (qui permettent de reconstituer des trajectoires de courant), ainsi que les températures mesurées. Environ 200 bouées d'un genre similaire dérivent ainsi au gré des courants dans le Pacifique tropical dans le cadre du programme TOGA. A cause de la divergence des eaux de surface de part et d'autre de l'équateur, ces bouées ont tendance à dériver vers des latitudes plus élevées et il faut donc "repeupler" la zone équatoriale de temps à autre... La campagne

Alizé II offrait pour cela une occasion idéale.

Enfin, l'Orstom a fait l'acquisition du premier profileur acoustique de courant (basé sur l'effet Doppler) utilisé en France. Cet appareil a été installé sur le *Noroît*, qui doit pendant quelque temps être basé à Nouméa et réaliser plusieurs campagnes pour l'Orstom. Il nous a offert le spectacle fascinant pour des initiés du courant de Cromwell qui déroulait ses méandres sous la coque du *Noroît* au fur et à mesure de notre progression vers l'ouest. Avec une vitesse souvent supérieure à trois nœuds, et coulant vers l'est entre 100 et 300 mètres de profondeur, ce courant est capté par l'équateur auquel "l'attache" la force de Coriolis. Quand on pense aux efforts déployés par les océanographes pour le mettre en évidence, puis le mesurer, on

ne se lasse pas de pouvoir le regarder évoluer sous nos pieds, en temps réel.

LES MOUILLAGES FIXES

La région équatoriale est balisée de mouillages fixes, qui ont été mis en place dans le cadre du programme TOGA. Deux techniciens américains ont rejoint les Alizéens à Tahiti, avec du matériel permettant de renouveler deux de ces mouillages: un courantomètre à effet Doppler immergé à 300 mètres de profondeur et dirigé vers le haut, et une chaîne de capteurs de température répartis entre la surface et 500 mètres de profondeur. L'Orstom a installé de tels mouillages de chaînes à thermistances le long du méridien 165°E, mais au cours d'Alizé II, c'est ceux à 170°W qui ont été relevés et remplacés. Ces opérations lourdes, qui, pour chaque mouillage, nécessitent toute une journée de travail sur le pont, en plein soleil, ont transformé les Alizéens en une armée d'écrevisses rougies par le soleil.

UN CYCLONE QUI RODE : DERNIERE EPREUVE

Nous avons été guettés par le cyclone Kelvin, embusqué derrière les îles Salomon, lors de notre descente finale vers Nouméa. Nous sommes passés en catimini, et il nous a épargnés. Mais que de nuages sur notre route! Et que d'eau sur Nouméa à notre arrivée. Il faut bien

que toute cette eau chaude du Pacifique ouest, à 30°C, s'évapore, puis retombe en pluie, c'est sûr ■

Yves Dandonneau

Département Terre Océan Atmosphère
UR "Interactions Océan-Atmosphère".

Pour en savoir plus

Chavez F. P. and Barber R. T. (1987) - An estimate of new production in the equatorial Pacific. *Deep Sea Research*, 34 : 1229-1243.

Gueredrat J. A. (1971) - Evolution d'une population de copépodes dans le système des courants équatoriaux du Pacifique. *Marine Biology*, 9 : 300-314.

Hisard Ph. (1985) - La structure thermique équatoriale de l'Océan Pacifique de l'hiver 1965 reconsidérée par référence à El Niño. *Océanographie Tropicale*, 20 : 135-150.

Lemasson L. et Piton B. (1968) - Anomalie dynamique de la surface de la mer le long de l'équateur dans l'Océan Pacifique. *Cahiers Orstom, série Océanographie*, 6 (3-4) : 39-45.

Philander G.S. (1990) - El Niño, la Niña, and the Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, 289 p.

Picaut J., Lukas R., et Delcroix T. (éditeurs) - Proceedings of the international meeting and workshop on TOGA COARE, Nouméa, New Caledonia, May 24-30, 1989. Centre Orstom de Nouméa, 833 p.

ORSTOM

A C T U A L I T E S



LES "TEPETATES"

SAO PAULO

L'EVALUATION

CORDET

CAMPAGNE

ALIZE II

BACTERIES

DE L'EXTREME

N° 33

1991

INSTITUT
FRANCAIS
DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
POUR LE
DEVELOPPEMENT
EN COOPERATION

A l'Est de México, entre la plaine alluviale et la Sierra Nevada, la zone de piémont a été choisie pour étudier les sols volcaniques indurés (tepetate). L'image Spot constitue un outil qui permet d'extrapoler les résultats cartographiques obtenus dans cette zone aux trois millions d'hectares couverts par ces formations sur l'altiplano mexicain. Image SPOT Mexique du 20/12/90 (1/200 000) Traitement Orstom-L.I.A.-Téledétection - Laboratoire de photographie Annick Aing

ORSTOM

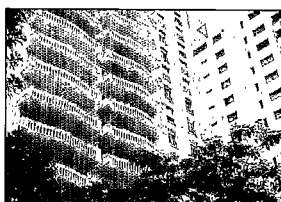
A C T U A L I T É S



Les "tepetates", récupération et mise en valeur des terres volcaniques indurées au Mexique.

2

São Paulo - La fragmentation sécuritaire d'une mégapole.



19

"Alizé II, à bord du Noroît, journal de bord d'une campagne océanographique de Panama à Nouméa, vingt-six ans après "Alizé I".



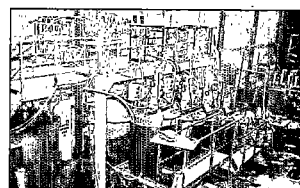
8

Une enquête de sociologie des sciences : la recherche dans les Dom-Tom.



25

Les bactéries de l'extrême - Une nouvelle voie de recherche sur les formes de vie les plus primitives.



13

Les "tepetates", récupération et mise en valeur des terres volcaniques indurées au Mexique.



30

Informations

Fonds Documentaire ORSTOM

Cole. Bx 18 649 a Ex: 1
Bx 18653

Publications

Directeur de la publication :
Louis Perrois
Rédactrice en chef :
Catherine Leduc-Leballeur
Orstom : 213, rue La Fayette
75010 Paris
Tél. : 48 03 77 77
Fax DIST : 40 34 69 13
ISSN 0758 833 X
Commission paritaire
N° 1864 ADEP
Imprimerie : Offset Arcueil
Tél. : 46 64 01 02