

Entre **TERRE**
et **MER**

Jacques MERLE

Une Vie d'Océanographe

Entre **TERRE**
et **MER**

Entre **TERRE**
et **MER**

Jacques MERLE

Une Vie
d'Océanographe

Deuxième édition - Mai 2014

Autour de
ISBN 978-2-05-09500-3
Couverture et impression
www.edition-mediasud.com

Il est étonnant de constater que l'océan, ce milieu fluide essentiel qui entoure notre planète sur plus de 70 % de sa surface ait été sérieusement étudié seulement à partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. C'est la prise de conscience soudaine de la fragilité des conditions climatiques dans lesquelles nous vivons et du rôle primordial de l'océan dans cet équilibre qui est à l'origine du renouvellement de son étude particulièrement dans ses relations avec l'atmosphère. L'auteur, à travers l'exercice de son métier de chercheur océanographe, a vécu de l'intérieur cette transformation d'une science à l'origine seulement descriptive et confiée à des géographes à une science géophysique. Cette transformation a été rendue possible grâce aux progrès technologiques sans précédent apportés par les plateformes spatiales pour l'observation et les ordinateurs pour la modélisation. L'organisation même de la recherche a été profondément bouleversée par la mise sur pied de grands programmes internationaux susceptibles de rassembler les moyens nécessaires à une étude globale de ce milieu sans frontière. L'ouvrage ne cache pas les incertitudes des organismes de recherche français et des autorités gouvernementales engagés dans cette aventure qui a progressivement pris une dimension politique considérable. Celle de la prévention et de l'adaptation des sociétés humaines au probable changement climatique à venir. C'est le vécu quotidien de 40 ans de carrière d'un chercheur océanographe à un moment critique de l'histoire des sciences de l'environnement terrestre qui est présenté ici.

03711-A0

Remerciements

Je remercie mes collègues océanographes avec lesquels j'ai travaillé, les directions et les administrations successives de mon organisme de recherche pour la grande liberté qu'ils m'ont concédée dans l'exercice de mon métier. Je remercie aussi ceux qui ont bien voulu lire et améliorer le manuscrit initial, notamment Jean et Monique Barlet. Je remercie aussi celle qui se reconnaîtra pour avoir trouvé un titre à cet ouvrage.

En mémoire de Marguerite Plasse

Sommaire

Chapitre I	8
Chapitre II	26
Chapitre III.....	61
Chapitre IV	82
Chapitre V	107
Chapitre VI	134
Chapitre VII	166
Chapitre VIII.....	202
Chapitre IX	220
Chapitre X.....	251
Chapitre XI	372
Table des matières	299
Ouvrages cités.....	304
Acronymes	307
Bibliographie	311

CHAPITRE I

Prélude

La connaissance de notre environnement terrestre est devenue une priorité de la recherche depuis près d'un demi-siècle avec la prise de conscience de la fragilité des conditions climatiques dans lesquelles nous vivons. L'océan qui recouvre plus des deux-tiers de la surface de notre planète a longtemps été un monde inconnu, véritable *Terra incognita* cachée sous la mince pellicule fluide qui entourent le globe et dans laquelle presque toute l'histoire des espèces vivantes, et particulièrement la nôtre, s'est écrite. Aussi connaître l'océan et son rôle dans le climat s'est imposé seulement récemment dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Mon histoire avec l'océan se situe dans ce demi-siècle.



Figure 0 : La Terre vue de l'espace et ses enveloppes fluides où se concentrent le rayonnement solaire et la vie – Nasa.

Dans cet ouvrage je souhaite rendre compte de ma carrière scientifique en équilibre entre Terre et océan ; comment est née cette orientation, quelles idées et quels projets l'ont sous-tendue, quelles en furent les étapes, les moments cruciaux et comment mon travail s'est inscrit dans l'évolution de la discipline scientifique qui était la mienne : l'« océanographie physique », au sein d'un institut de recherche dédié au développement : l'ORSTOM-IRD¹ ? Ce domaine de recherche s'applique à l'étude de l'état physique de l'océan incluant ses mouvements, ou sa « dynamique », et sa relation avec l'atmosphère et le climat. J'ai déjà largement décrit l'évolution de cette discipline dans des ouvrages récents de vulgarisation : *océan et climat* publié à l'IRD en 2006 (Document 1), *L'océan gouverne-t-il le climat ?* publié chez Vuibert en 2009 (Document 2) et ma participation, avec une vingtaine d'autres auteurs, à *Climat, une planète et des hommes* (Document 46 – Chapitre XI) aux éditions du Cherche Midi en 2011. Mes deux premiers ouvrages, destinés à un public scientifique, sont orientés vers l'histoire de cette discipline, que des bouleversements majeurs ont affectée au cours de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle sous la pression de la question climatique. Ils sont partiellement des « commandes » ou des invitations de collègues, auxquels j'ai répondu. Le troisième ouvrage est une œuvre collective du club des *Argonautes* sous l'aimable parrainage d'*Érik Orsenna*, écrivain et académicien très connu. Je me suis ainsi rapproché du domaine de l'écriture, au-delà du simple « faire savoir » du scientifique soucieux de vulgariser son domaine de recherche.

J'ai participé aussi, avec deux collègues anciens chercheurs de l'ORSTOM-IRD, *Bruno Voituriez* et *Yves Dandonneau*, à un ouvrage intitulé : *Le changement climatique, histoire et enjeux*, publié sur le site internet du club des Argonautes : <http://www.clubdesargonautes.org/>. Ce dernier travail se veut une contribution à l'histoire de la prise de conscience, au cours de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, de la question climatique dans toutes ses dimensions, scientifiques mais aussi socio-économiques et politiques. Comment et pourquoi le péril climatique a-t-il alerté seulement tardivement et presque indépendamment les spécialistes des sciences de l'environnement ? Pourquoi il s'est progressivement diffusé parmi les médias, les citoyens, et les politiques pour devenir, peut-être, une question d'importance planétaire - l'histoire en

¹ L'ORSTOM : « Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer » est devenu en 1998 l'IRD : « Institut de Recherche pour le Développement »

jugera - susceptible de bouleverser les équilibres géopolitiques des décennies voire des siècles futurs ? Ce travail en commun encadre et recoupe ma vie scientifique au cœur des questionnements sur les rapports entre l'océan et le climat et sera une sorte de « Fil rouge » du présent ouvrage.

Par ma spécialisation dans l'étude du rôle de l'océan tropical dans le climat, j'ai occupé, avec mes collègues chercheurs français et étrangers, un créneau scientifique stratégique pour lequel je crois avoir des choses à dire. Je n'occupe, bien évidemment qu'une petite place dans l'étude de cet événement majeur affectant notre environnement dont on ne mesure peut-être pas encore (en 2014) toute les dimensions. Mais raconter ma contribution personnelle, même modeste, à cette aventure scientifique et humaine, peut avoir un intérêt par l'exposé du vécu de l'intérieur d'un océanographe français témoin de ces bouleversements, à la fois scientifiques et politiques, marquant la fin du XX^{ème} siècle.

Premières rencontres avec la Terre et l'eau

Au début des années 1960, les événements, ou la guerre, d'*Algérie* étaient bien engagés. Après ma première année de licence en géologie à la faculté des sciences de *Clermont-Ferrand* j'ai candidaté à un stage d'été en *Algérie*, organisé par une instance officielle à la fois gouvernementale et militaire appelée « Commission Armée-Jeunesse », destinée à sensibiliser les jeunes étudiants au problème algérien tout en leur demandant de fournir un service dans le domaine de leurs études. Je suis parti en *Algérie* en juillet 1959 pour deux mois et fus affecté au « *Service de l'Hydraulique* » à *Birmandreïs* dans la banlieue d'*Alger*. C'était un organisme qui avait en charge la recherche, la gestion et la distribution de la ressource en eau aux populations locales. Les géologues avaient évidemment leur place dans la recherche de l'eau souterraine. Je m'improvisai donc hydrogéologue. On me confia des études de terrain géologiques et hydrogéologiques, préalables à des projets d'implantation de forages pour alimenter en eau certains villages isolés. Cette expérience de terrain en *Algérie*, dans une période troublée par des attentats fréquents et des opérations militaires, dans une atmosphère tendue entre plusieurs communautés humaines : fonctionnaires métropolitains et militaires français, « Pieds noirs », algériens de souche, fut un moment fort de mon existence et me marqua

profondément. Je parcourais le bled pour mes études de terrain dans des zones sensibles, encadré par des militaires et j'eus à partager ma vie quotidienne pendant des semaines avec les habitants de ce pays : militaires, colons, ou indigènes. Je ne m'étendrai pas sur cette dimension de ma vie personnelle et m'en tiendrai à sa composante professionnelle qui se matérialisa par les premiers rapports de nature scientifique, ou au moins technique, que je réalisais ; c'étaient des études de l'environnement géologique préalables à l'implantation de projets de captages d'eaux souterraines (Document 3).

Je renouvelai cette expérience algérienne à la fin de ma deuxième année de licence dans le même organisme, le « *Service de l'Hydraulique* » et revenu en métropole à l'automne de l'année 1960, muni de mon diplôme de licence et de mes premiers travaux de terrain, je m'enquis d'une formation de spécialisation en hydrogéologie. Je la trouvai à l'université de *Montpellier* qui proposait un enseignement de troisième cycle avec un DEA (Diplôme d'Étude Approfondie) en hydrogéologie. Mon travail en *Algérie* me procura un avantage certain pour candidater à ce DEA et je fus admis, avec une bourse, parmi une dizaine d'autres étudiants issus de plusieurs universités françaises et étrangères. J'allais donc normalement devenir un géologue spécialisé en hydrogéologie et consacrer ma carrière à l'étude et à la recherche de ce précieux liquide terrestre. A cette époque je n'imaginai pas une seconde qu'une inflexion brutale de mon parcours universitaire allait me faire basculer vers l'étude d'un autre aspect de l'eau totalement différent, celui du grand réservoir liquide de la planète, l'océan.

L'enseignement dispensé dans le DEA survolait les techniques de détection géophysique des aquifères continentaux par des méthodes sismiques comme on le faisait pour le pétrole. Il se trouva que l'un des professeurs du DEA était un spécialiste de ce qui était déjà appelé à l'époque la « sismique marine » consistant à émettre et enregistrer des ondes sonores traversant l'océan et son plancher sédimentaire pour déterminer, après leur réflexion ou leur réfraction dans les sédiments du fond, la structure – épaisseur, densité, inclinaison – des couches géologiques sous marines. Ce professeur avait besoin d'un assistant. Mes compétences en mathématiques, attestées par mon certificat de licence TMP (*Techniques Mathématiques de la Physique*), certes modestes vis-à-vis de celles des « vrais » mathématiciens, mais inhabituelles parmi mes collègues géologues, me favorisèrent et j'obtins un poste d'assistant vacataire. Dans le prolongement du DEA, j'ai ainsi bénéficié d'un contrat temporaire du CNRS pour faire de la géophysique marine, discipline scientifique naissante en *France* mais qui allait devenir très médiatique quelques années plus tard aux

États-Unis et en *France*, notamment avec les travaux de *Xavier Le Pichon*. Je m'éloignais ainsi de l'hydrogéologie. Au titre de cette nouvelle orientation marine, j'embarquais sur des navires, en *Bretagne*, en *Manche* et en *Méditerranée*, notamment sur *la Calypso*, le célèbre navire de recherche du Commandant *Cousteau*. Ma participation à plusieurs campagnes de sismique marine sur *la Calypso* punctua cette période. Insensiblement je devenais un océanographe, fier de naviguer avec le Commandant et sa célèbre équipe de plongeurs (Fig. 1). Mes premières publications scientifiques, en commun avec le professeur de géophysique marine (Documents 4 et 5) témoignent de mes travaux de géophysicien marin débutant de cette époque.



Figure 1 : Le Commandant *Cousteau* et le plongeur *Raymond Kientzy*, dit « *Canoë* », dans le carré de la *Calypso*.

Mais le service militaire me rappela à mes devoirs de jeune citoyen et mit fin, provisoirement on va le voir, à cette première incursion dans le monde marin. Je fus incorporé dans l'arme du Génie en mai 1963 et, après une formation de 9 mois à *Angers*, nommé aspirant puis sous-lieutenant, affecté en *Algérie* à ma demande, mu par le souvenir de mes stages d'hydrogéologie trois ans plus tôt. Il n'est pas nécessaire de parler de ce temps passé sous les drapeaux sinon pour dire que pendant 18 mois je fus totalement coupé du monde scientifique où j'avais commencé à m'insérer. Le Génie était une arme très

éloignée de l'océanographie et de la Marine et je n'eus aucune nouvelle de l'évolution de mes premiers domaines de recherche marins. Je peux seulement rapporter ici que j'avais écrit au Commandant *Cousteau* pour lui demander de m'appuyer pour une affectation dans la Marine. Il me fit répondre gentiment par son second, le Commandant *Alinat*, que cela dépassait son pouvoir compte tenu de ses relations plutôt difficiles et distendues avec la marine nationale, ce qui était de notoriété publique dans le milieu marin mais très surprenant pour moi qui ne voulait voir en *Cousteau* que « Le commandant » ! Je m'étais trompé de porte, va pour le Génie !

L'océanographie définitivement

Au cours de mon service militaire j'avais perdu le contact avec le laboratoire de géophysique marine de *Montpellier* où j'avais fait mes premiers pas d'océanographe et au retour du service militaire j'ai donc cherché à reprendre contact avec le milieu océanographique et les personnes qui tentaient de promouvoir et d'organiser la recherche océanographique encore balbutiante en *France*. Le gouvernement avait mis en place la DGRST (*Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique*) prémisses d'un ministère de la recherche que beaucoup d'universitaires et d'acteurs du monde économique appelaient de leurs vœux. On était en 1964 et plusieurs personnalités, dont le Commandant *Cousteau* et un spécialiste de géologie marine très connu, le professeur *Jacques Bourcart*, s'employaient à faire émerger une communauté de chercheurs océanographes en *France*. La DGRST créa le COMEXO (*COMité pour l'EXploitation des Océans*) qui, deux ans plus tard, allait devenir le CNEXO (*Centre National pour l'EXploitation des Océans*). Pour susciter des vocations d'océanographes, le COMEXO distribuait des contrats de formation pour les jeunes diplômés désireux de se préparer à une carrière de chercheur dans le domaine de l'océanographie. C'était l'époque de la prééminence de la géologie et de la géophysique dans les sciences de la Terre. Certains de ces jeunes diplômés, comme *Xavier Le Pichon*, cherchèrent plutôt leur salut aux *États-Unis* où ils contribuèrent à l'éclosion de théories d'avant-garde pour expliquer la répartition des continents et des océans à la surface du globe. Ces découvertes, ou redécouvertes², de la dérive des continents et de la tectonique des

² Alfred Wegener (1880-1930), astronome, géophysicien et climatologue allemand, avait émis l'hypothèse que des continents, tels que l'Afrique et l'Amérique, avaient été réunis il y a très longtemps, comme en témoignent la

plaques propulsèrent au premier plan médiatique la géophysique marine. Cette nouvelle discipline scientifique prolongeait auprès du public l'attrait pour l'océan qu'avaient suscité les merveilleuses images sous-marines de *Cousteau*.

J'ai donc pris contact avec la DGRST et j'ai obtenu du COMEXO un contrat de recherche pour m'initier à la géophysique marine au delà de l'embryon du groupe montpelliérain. Mes travaux passés de sismique marine me prédisposaient à poursuivre dans la voie de l'acoustique sous-marine et je fus affecté en octobre 1964 au BEO (*Bureau d'Études Océanographiques*) dépendant du *Service Hydrographique de la Marine* à *Toulon* pour étudier la propagation des sons dans les sédiments marins dans le but de mettre au point des systèmes de communication pour les sous-marins. C'était un domaine de recherche nouveau très pointu, étroitement encadré et protégé par le secret militaire comme l'était l'acoustique du milieu océanique déjà très développé chez les sous-marinières. Mais, si les propriétés acoustiques de l'eau de mer ne variaient qu'en fonction de paramètres physiques bien définis et connus comme la température et la salinité, il n'en était pas de même pour les sédiments tapissant le fond des océans dont la diversité physique et géologique faisait de cette recherche un domaine complexe. L'objectif (Document 6) était de trouver des relations à la fois expérimentales et théoriques entre les propriétés physiques des sédiments : Composition minéralogique, répartition granulométrique, densité, porosité et leur comportement acoustique : Vitesse de propagation par fréquences, intensité, atténuation...etc. C'était un domaine qui mariait la physique et l'acoustique à la géologie, incluant la sédimentologie et la géophysique marine. J'ai obtenu des résultats qui ont été communiqués aux ingénieurs du Service Hydrographique de la Marine mais qui, protégés par le secret militaire, ne furent pas publiés dans des journaux scientifiques civils.

En octobre 1965, après une année passée au BEO à *Toulon*, dans l'environnement de la Marine Nationale et de son Service Hydrographique, il me fut proposé par les responsables militaires de ces services d'intégrer leur établissement en étant candidat à un poste d'ingénieur hydrographe. Je crois que c'est la perspective d'avoir à porter un uniforme, fut-il prestigieux et chargé d'histoire comme celui des officiers de marine, qui me fit refuser cette un prolongement militaire à ma carrière scientifique débutante dans le milieu

similitude des formations géologiques et des fossiles marins retrouvés sur ces territoires maintenant éloignés de plusieurs milliers de Km. Sa théorie ne fut pas acceptée par ses contemporains et il ne connu pas le triomphe de ses idées établissant formellement la « dérive des continents » plus de 50 ans après sa disparition.

marin. J'étais attaché à la mer certes mais pas au point d'adopter le statut militaire dont j'avais pu connaître les servitudes, pas toujours glorieuses, dans un passé récent sous l'uniforme en *Algérie*. Mais la deuxième raison, la plus déterminante, qui me fit refuser cette orientation militaire fut une affiche entrevue dans un couloir du BEO à *Toulon* et aussi au Laboratoire d'hydrogéologie de l'Université de *Montpellier*. Son titre : « l'ORSTOM recrute » était suivi d'une liste impressionnante, à la Prévert, de spécialités scientifiques allant de la géophysique à des domaines aussi étranges pour moi que l'ethnobotanique, en passant par la géologie et l'hydrogéologie, l'hydrologie continentale, la géographie, la pédologie, l'agronomie, la génétique, la démographie, la sociologie, l'ethnologie, la musicologie, l'entomologie, la santé et...l'océanographie qui évidemment retint particulièrement mon attention. La science de la mer était déclinée en trois sous-rubriques : géologie et géophysique marine, biologie marine et halieutique, océanographie physique. Je décidais de me renseigner sur les postes offerts en géophysique marine et j'écrivis dans ce sens sur le champ à l'administration de cet établissement, déclinant mes diplômes et mes activités passées. Je demandais si ma candidature à un poste en géophysique marine pouvait être prise en considération. Je reçus, par retour du courrier, une réponse négative en ce qui concernait les postes en géophysique marine, déjà pourvus ; mais, ajoutait la responsable du recrutement : « *il existe encore un poste vacant en océanographie physique et compte tenu de votre cursus universitaire avec des certificats de mathématique et votre connaissance du milieu marin, vous remplissez les conditions nécessaires d'admission à un poste de chercheur et je vous engage à remplir immédiatement le questionnaire et les documents de candidature joints* ». J'étais pris entre la nécessité de répondre rapidement à une offre intéressante à plus d'un titre, mais dans un domaine scientifique un peu différent de celui que j'avais connu jusqu'ici. La perspective d'un travail en mer et outre-mer avec à la clé la découverte de mondes lointains tout en bénéficiant d'un statut sécurisant de fonctionnaire concrétisait un des rêves impossibles de mon enfance de paysan auvergnat. Mais, à l'inverse, je devais abandonner ce qui était déjà devenu mon domaine scientifique de prédilection, les solidités de la géologie et de la géophysique marine auxquelles je commençai à m'attacher, pour plonger dans un domaine beaucoup plus insaisissable, le milieu fluide océanique, et me bâtir une nouvelle culture dans cette discipline presque totalement inconnue pour moi. Néanmoins après deux jours de réflexion je répondis positivement et rapidement comme demandé. J'étais candidat à un poste d'océanographe physicien à l'ORSTOM.

« Élève » océanographe physicien à l'ORSTOM

On me fit bientôt savoir que ma candidature était acceptée mais que je devais cependant rencontrer préalablement celui qui était considéré comme le « pape » de l'océanographie physique de l'époque en *France*, le professeur *Henri Lacombe*, du MNHN (*Muséum National d'Histoire Naturelle*). Ancien ingénieur hydrographe de la marine il devait sonder la solidité de mes motivations et juger si je pouvais raisonnablement devenir un honnête océanographe physicien. Je passai avec succès l'examen du professeur *Lacombe* et fut recruté, comme tous mes collègues de cette promotion, sur un statut d'« élève ORSTOM » pour une durée de deux années qui, dans mon cas, n'était pas de trop face à la nécessité d'acquérir la culture du milieu physique fluide océanique que je ne possédais pas. On était en octobre 1965, ce fut pour moi le début d'une nouvelle année scolaire, inscrit avec deux autres³ « jeunes élèves » océanographes physiciens comme moi, au DEA d'océanographie, option physique, de l'Université de Paris dont le directeur, le professeur *Ivanoff*, était, à l'époque, l'unique universitaire professeur d'océanographie physique en *France*. Je ne m'étendrai pas sur cette année scolaire qui n'avait pas d'enjeu, nous étions recrutés à l'ORSTOM et, sauf catastrophe improbable, nous serions « fonctionnarisés » au terme des deux années d'élève requises par notre statut, à condition cependant de réussir les examens du DEA. Je me familiarisais donc, sans enthousiasme excessif, avec les équations régissant la dynamique du fluide océanique – sous-domaine de la mécanique des fluides – appelées, pour les connaisseurs, les équations de « *Navier-Stokes* ».

Cependant l'océanographie physique en *France* à cette époque était encore avant tout une science d'observation qui relevait plus de la géographie que de la géophysique et qui nécessitait l'organisation de fréquentes campagnes en mer pour acquérir les fameuses données d'observations si rares et si difficiles à arracher au milieu inhospitalier qu'est l'océan. Si les équations de « *Navier-Stokes* », ultra-simplifiées, étaient bien applicables à quelques cas particuliers de phénomènes observés et pouvaient donner lieu à des ébauches de théories, l'activité essentielle des océanographes de cette époque était de développer des instruments d'observations de plus en plus performants en s'aidant des progrès de l'électronique et de réaliser des campagnes de récolte de données sur des

³ Il s'agit de *Bruno Voituriez* et de *Pierre Rual*.

navires océanographiques. Mais, en *France*, compte tenu de la faiblesse des moyens matériels et humains engagés dans ce domaine de recherche embryonnaire, ces campagnes étaient loin de pouvoir couvrir l'océan mondial. Dans les années 1960, les deux seules équipes (labos) d'océanographes physiciens existantes en *France*, autour des professeurs *Lacombe* du Muséum et *Ivanoff* de l'université, avaient choisi comme terrain d'étude la Méditerranée. Sa proximité et sa singularité de mer semi-fermée était favorable à l'étude de phénomènes d'un grand intérêt pour comprendre les mouvements verticaux de l'océan. Il s'agit du phénomène de « convection profonde » qui, en certaines circonstances, fait plonger les eaux de surface dans les profondeurs sous l'effet de leur changement de densité. Cette « convection profonde », indispensable à l'échelle planétaire pour assurer la « ventilation » - c'est à dire le brassage vertical - de l'ensemble de la masse liquide océanique, était particulièrement marquée en Méditerranée et étudiée avec minutie par l'équipe du professeur *Lacombe* dont c'était la spécialité. « Élèves ORSTOM », destinés aux océans tropicaux, nous fûmes donc initiés en Méditerranée aux techniques d'observation de l'océan⁴, incluant l'ensemble de ses mouvements (courants), à la lumière de théories naissantes régissant cette fameuse « convection profonde ».

Mais mon éducation personnelle d'océanographe fut complétée, au cours de l'été 1966, par un stage prolongé de plongée sous-marine à l'école de la Marine Nationale de *Saint Mandrier* près de *Toulon*. Seul civil parmi la soixantaine de participants militaires à ce stage destiné à former les « plongeurs de bord » de la marine et les commandos de « nageurs de combat », je suis fier d'avoir survécu aux exercices intensifs qui émaillèrent les 30 jours passés dans ce temple de la plongée et de la guerre sous-marine pour à la fin être gratifié du diplôme de « plongeur de bord » de la marine (Fig. 2). Chaque exercice pouvait être tenté trois fois, au troisième échec c'était l'élimination immédiate et la fin du stage.

⁴ Cette initiation des élèves ORSTOM à l'observation de l'océan n'a pas toujours été une partie de plaisir. L'un d'entre nous, de la promotion précédente, *Jean-Paul Rébert*, a été impliqué dans l'incendie et le naufrage de la « bouée laboratoire » : C'est ainsi qu'était appelé un dispositif d'observation de l'océan de grande envergure (60 mètres de hauteur dont 45 immergés surmonté d'un habitacle pouvant accueillir une dizaine de personnes dont six scientifiques). Imaginé par *Cousteau* et réalisé par le COMEXO, cette bouée habitable était mise en œuvre en Méditerranée par l'équipe du professeur *Lacombe*. Un vendredi soir de février 1965 les occupants de la bouée, dont *Jean-Paul Rébert*, découvrirent brutalement et avec épouvante que les étages inférieurs de la bouée étaient en feu et que celui-ci s'étendait rapidement vers la plateforme habitée. Ils pensèrent un moment n'avoir d'autres choix que celui de la façon dont ils allaient mourir : brûlés vif ou noyés en se jetant de 15 mètres de haut dans une eau à moins de 10 °C. Mais miraculeusement un canot avait été abandonné par l'équipe précédente sur lequel ils purent se réfugier. Ils dérivèrent ainsi dans des conditions très difficiles à la limite de la survie pendant plus de 36 heures (c'était un Week-End !) avant d'être secourus, alors que les media faisaient état de la destruction complète de la bouée et de la disparition de ses personnels.

Parmi les participants, venant de toutes les armes, y compris les plus aguerries : Légion Étrangère, commandos de Marineetc, plus de la moitié furent éliminés et ne terminèrent pas le stage. Le seul civil convié à ce stage, à la demande d'un organisme publique, se devait de tout faire pour montrer que la plongée sous-marine n'appartenait pas seulement au monde militaire. L'évocation de mes travaux sur *la Calypso* dans l'environnement de l'équipe de *Cousteau* ne me valu aucune faveur spéciale, au contraire peut-être. Je peux dire que j'en ai « bavé ! », mais j'eus le sentiment d'avoir bien mérité mon diplôme de plongeur dont je me sentis plus fier que de mes parchemins universitaires !

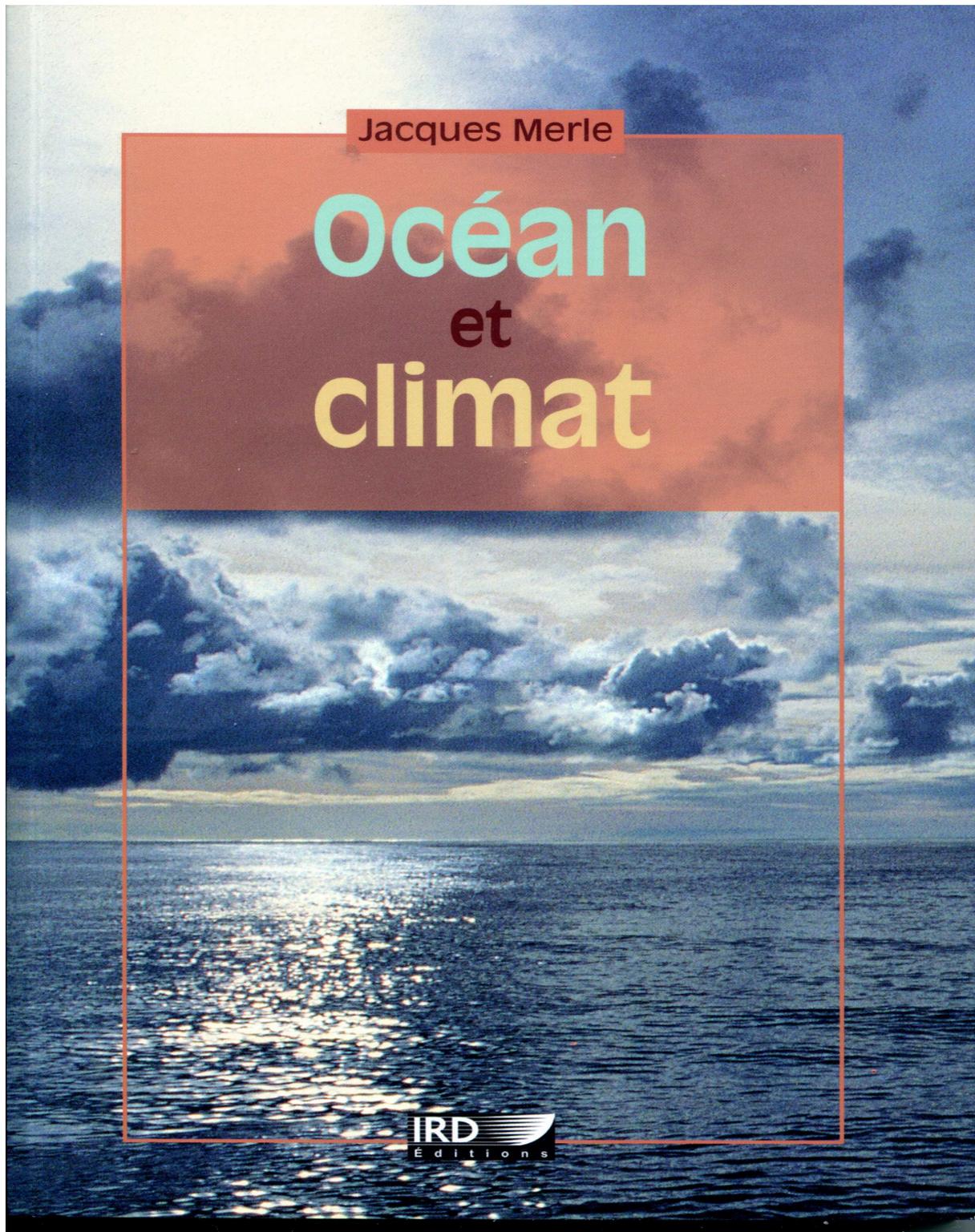


Figure 2 : Mon diplôme de plongeur de la Marine Nationale

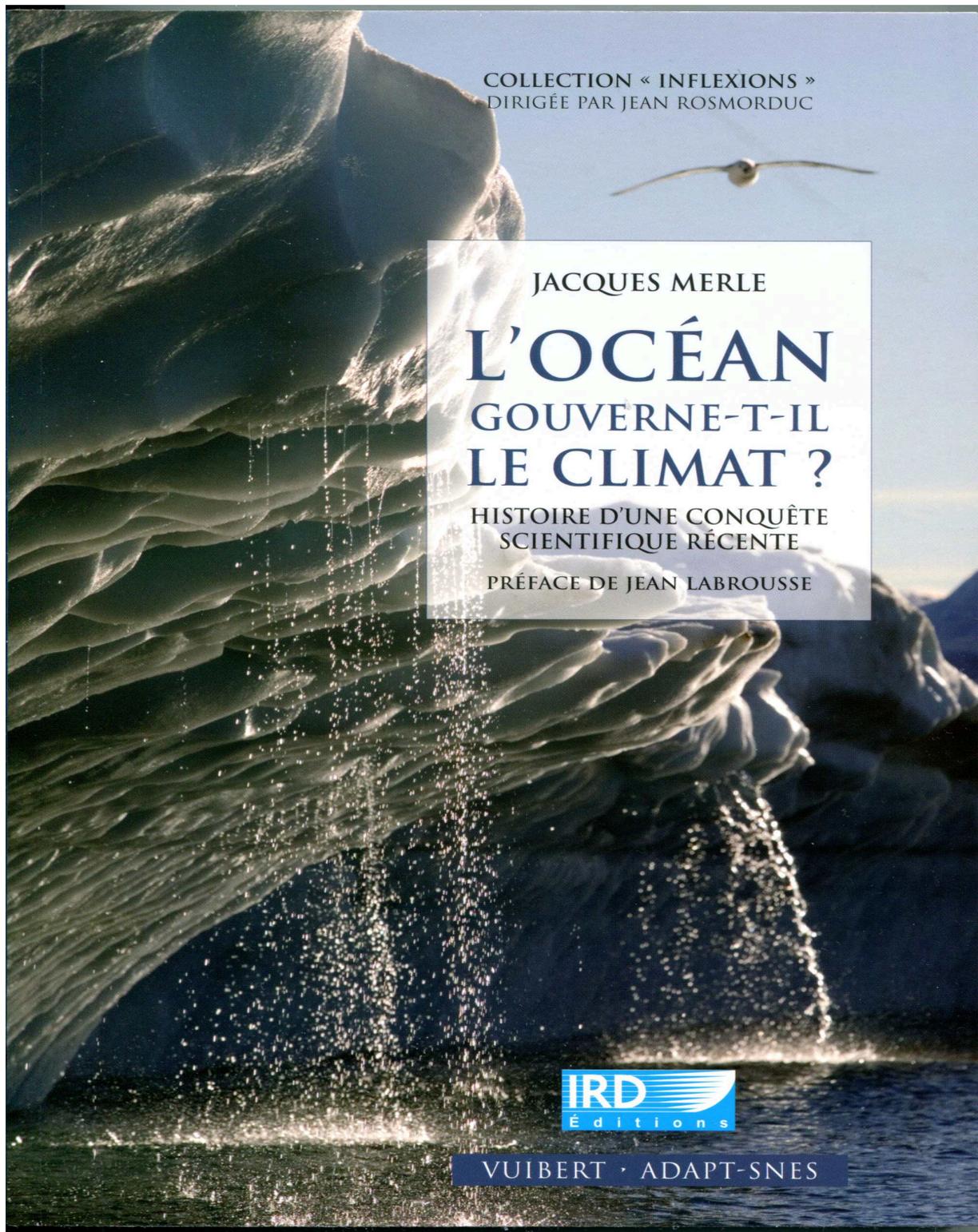
J'étais alors prêt pour ma première affectation outre-mer : *La nouvelle Calédonie*, à laquelle je rêvais depuis que la direction de l'ORSTOM nous avait annoncé, quelques mois plus tôt, que, dans le cadre de notre deuxième année de formation d'« élèves ORSTOM », ce serait notre première destination sur le

terrain. Pour l'administration je restais encore un élève, mais ma carrière d'océanographe physicien, comme celles de mes deux collègues recrutés avec moi : *Bruno Voituriez* et *Pierre Rual*, débutait concrètement sur le plus grand océan du monde, aux antipodes de l'hexagone, et aux antipodes aussi pour moi d'une destinée en harmonie avec l'environnement de ma jeunesse villageoise. J'étais en passe de réaliser le rêve le plus improbable de mon enfance auvergnate. Mais les rêves sont-ils faits pour être réalisés et n'est il pas risqué de les concrétiser ? J'étais un peu anxieux d'autant que cette affectation s'étendait sur trois années sans perspective de retour durant une aussi longue période. Mais l'attraction des mers du Sud l'emporta !

DOCUMENT 1 : Ouvrage « *Océan et climat* » publié en 2006 aux éditions de l'IRD



**DOCUMENT 2 : Ouvrage « *L'océan gouverne-t-il le climat ?* » publié
aux éditions Vuibert et IRD en mars 2009**



DOCUMENT 3 : Rapport d'une étude hydrogéologique en Algérie

DELEGATION GENERALE
DU GOUVERNEMENT EN ALGERIE

BIRMANDREIS, le 1 SEP 1960

**HYDRAULIQUE
ET
ÉQUIPEMENT RURAL**

ETUDES SCIENTIFIQUES

« CLAIRBOIS »
BIRMANDREIS
(Banlieue d'Alger)

Hydraulique et Equipement Rural
Arrivée 17.9.60
Départ 16.11.1960
ETUDES SCIENTIFIQUES

Étude Géologique

ALIMENTATION EN EAU DU BORDJ MILITAIRE
ET DU CENTRE DE REGROUPEMENT DE
SI AMEUR
(Commune de LEVACHER, Département d'ORLEANSVILLE)
par J. MERLE

CIRCONSCRIPTION : de MEDEA-ORLEANSVILLE
ARRONDISSEMENT : d'ORLEANSVILLE
SUBDIVISION : d'AFFREVILLE

N° 1245

25 SEPTEMBRE 1962

BULLETIN
DE
L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

FONDATION ALBERT 1^{er}, PRINCE DE MONACO

Étude sismique par réfraction
dans le golfe du Lion

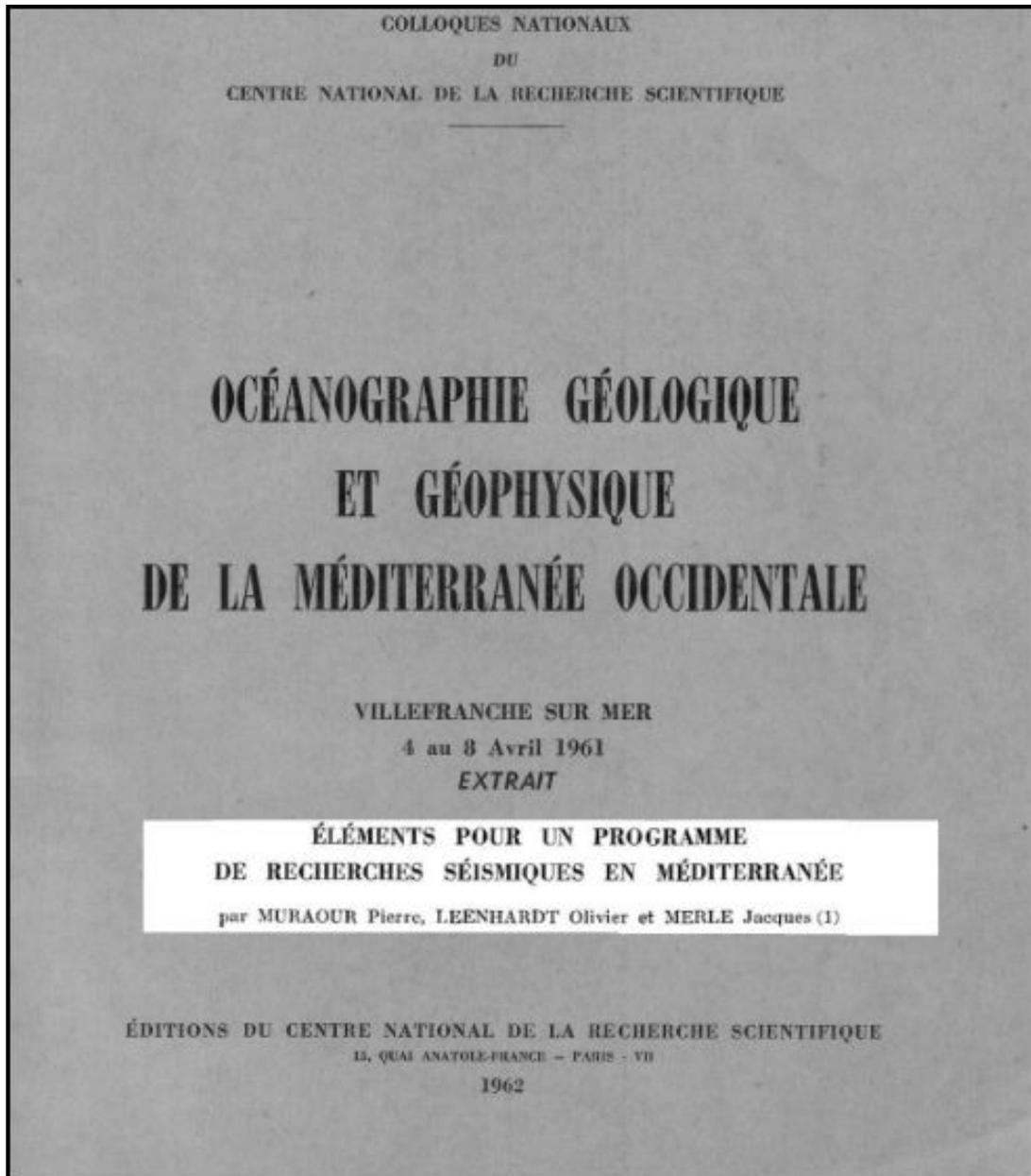
PAR

PIERRE MURAOUR, JACQUES MERLE et JEAN DUCROT



MONACO

**DOCUMENT 5 : Le programme de recherche en sismique marine à
l'Université de Montpellier**



**DOCUMENT 6 : Mon programme d'activités au Bureau d'Études
Océanographiques (BEO) de la Marine.**

TOULON, le 19 Novembre 1964

- PROGRAMME DE RECHERCHE -
=====

DE

Monsieur MERLE, Jacques, contractuel du COMEXO, détaché au B.E.O. (Bureau d'Etudes Océanographiques de la Marine) à TOULON, sous la direction de Mr. GREFFARD, Chef du Laboratoire d'Océanographie Physique.

L'étude de carottes de sédiments prélevées en Méditerranée est réalisée au B.E.O. dans le but de préciser les propriétés acoustiques du fond, c'est un travail de :

A.- MESURES :

1°) Mesure de la vitesse sismique ponctuelle tout au long de la carotte (50 points environ) à l'aide d'un appareil conçu par le laboratoire D.S.M à GRENOBLE

conjointement mesure du coefficient d'absorption par le même appareil.

2°) Etude granulométrique

3°) Mesure de la densité, porosité, teneur en eau

4°) Dosage chimique des principaux constituants.

B.- INTERPRETATION :

Etude de l'évolution

1°) dans le temps et dans l'espace des différents facteurs mesurés et recherche de corrélations éventuelles.

2°) recherche de relations expérimentales pouvant lier les paramètres sismiques (vitesse, absorption) avec les paramètres physiques (Granulométrie, porosité, densité, teneur en eau) et chimiques.

CHAPITRE II

A la découverte des mers du Sud

Le centre océanographique de *Nouméa* en *Nouvelle Calédonie* avait déjà un passé et une histoire en 1965 lorsque la direction de l'ORSTOM décida d'y envoyer systématiquement tous les jeunes océanographes récemment recrutés pour y effectuer sur le terrain – c'est-à-dire en mer ou à proximité – leur apprentissage du métier d'océanographe et concrétiser ainsi la deuxième année de formation que prévoyait leur statut d'élève. Mais, comme indiqué précédemment, le séjour minimum en *Nouvelle Calédonie* était de trois ans donc largement au-delà de cette deuxième année de formation. En fait on entrait de plein pied, pour au moins deux ans, dans des programmes de recherche initiés dans un passé récent par nos prédécesseurs. Il est donc nécessaire de commencer par résumer brièvement ce que fut ce passé, autrement dit raconter l'histoire de la recherche océanographique menée par l'ORSTOM et la *France* dans cette région du monde, le Pacifique Sud, aux antipodes de la métropole. Puis nous entrerons sommairement dans ces programmes de recherche pour montrer comment on a pu élaborer progressivement une pensée scientifique qui a contribué plus tard à la connaissance d'un phénomène d'importance planétaire pour le climat, El Niño, que l'on a un temps ignoré mais dont on s'est beaucoup occupé plus tard et dont on parlera abondamment plus loin. Nous apportâmes cependant des résultats scientifiques originaux en dépit de contradictions et d'incohérences multiples dans ces programmes qui demeuraient avant tout au service d'intérêts relevant de la politique de la *France* dans cette région du monde, bien plus que d'une logique favorable à l'avancée des connaissances.

Les débuts de l'océanographie ORSTOM dans le Pacifique Sud

L'ORSTOM « Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer », dénommé ORSC jusqu'en 1949 pour « Office de la Recherche Scientifique Coloniale », puis ORSOM pour « Office de la Recherche Scientifique Outre-mer » jusqu'en 1953 où un « T » pour « Technique » lui fut ajouté, s'est implanté dans le Pacifique à *Nouméa* en 1946 peu après sa création et la fin de la deuxième guerre mondiale. L'office s'est installé dans les baraquements abandonnés d'un camp militaire américain - Base arrière des GI's engagés dans la guerre du Pacifique⁵ - situé à proximité immédiate de la plus belle baie du lagon de *Nouméa*, l'*anse Vata*. Ce centre de recherche prit le nom d'IFO (Institut Français d'Océanie). Dès les premières années de son fonctionnement, en 1948, des océanographes commencèrent à s'intéresser à l'environnement marin de l'île, à ses côtes et à son lagon. Les premiers sujets d'intérêts scientifiques furent les récifs coralliens et les mangroves. De cette époque, qui précéda l'arrivée d'un navire océanographique hauturier, on peut garder le souvenir de deux pionniers, le biologiste marin de l'ORSTOM *Michel Legand* et le créateur de l'aquarium de *Nouméa*, le *Docteur Catala*, qui dépendait du *Muséum National d'Histoire Naturelle*. *Michel Legand* s'intéressait principalement aux thons, abondants dans la région ; quant au *Docteur Catala*, qui devait alimenter son aquarium en créatures marines pour ses visiteurs, il était plus proche d'un muséologue marin que d'un chercheur. Mais ces océanographes pionniers n'avaient pas accès à des navires de recherche dignes de ce nom à l'exception des facilités que les navires de la marine marchande ou de la marine militaire pouvaient leur offrir occasionnellement. Aussi pour pallier cette absence de l'indispensable outil de travail de l'océanographe qu'est le navire ils tentèrent de mettre au point des moyens de rechange en achetant ou en faisant construire des embarcations de fortune qui alimentèrent le folklore local de cette époque et que nous rapporte *Patrice Roederer* dans ses ouvrages⁶.

⁵ La Nouvelle Calédonie a compté plus de 200 000 GI's au plus fort de la guerre contre le Japon, ce qui dépassait largement la population locale, Canaques et Européens qui ne dépassait pas 100 000.

⁶ *Patrice Roederer* a publié « *Laboureurs d'océans* » et « *20.000 lieues sur les mers* » aux éditions ORSTOM.

Le véritable départ de l'océanographie de l'ORSTOM en *Nouvelle Calédonie* est à mettre au compte de l'ambition et de la volonté opiniâtre d'un océanographe physicien, *Henri Rotschi*, arrivé en *Nouvelle Calédonie* en 1954, après un séjour de formation aux *États-Unis* à la *Scripps Institution of Oceanography (SIO)* en *Californie*, l'un des temples de l'océanographie américaine et mondiale très en avance sur l'océanographie française. *Rotschi* avait côtoyé à la *Scripps* le « gratin » de l'océanographie mondiale et s'était construit une petite place et un carnet d'adresses parmi les grands leaders du domaine, notamment *Roger Revelle*, qui fut directeur de la « *Scripps* » et allait devenir quelques années plus tard une des personnalités parmi les plus marquantes de la question climatique ; on en reparlera plus loin. On était au début des années 1950, *Roger Revelle* avait informé *Henri Rotschi* que se préparait aux *États-Unis* et dans le monde scientifique de l'époque, un événement de grande importance, il s'agissait de la mise sur pied de l'« Année Géophysique Internationale – AGI » qui devait se tenir à cheval sur les années 1957-58 et au cours de laquelle il était prévu de monter un programme océanographique couvrant les trois océans - Atlantique, Pacifique et Indien - de sections d'observations hydrologiques⁷ profondes. Dans l'océan Pacifique, *Roger Revelle*, qui était aussi l'animateur de la participation américaine à l'AGI, avait déjà engagé la *Scripps* dans des programmes précurseurs dans la partie sud de cet océan encore très mal connu. Une dizaine de navires océanographiques et leurs institutions, principalement américains et japonais, s'étaient déjà mobilisés pour participer à un premier programme océanographique international destiné à étudier le Pacifique équatorial et appelé « Equapac ». *Roger Revelle*, souhaitait que les français de *Nouvelle Calédonie* puissent compléter cette armada et se joindre aux japonais et aux américains pour réaliser une section « Equapac », de *Nouméa* à l'équateur le long du méridien 170 ° E. Il invitait *Rotschi* à mettre sur pied ce programme français. Mais le centre océanographique naissant de *Nouméa* ne possédait pas de navire. *Rotschi* dû jouer habilement des arguments géopolitiques qu'il avait en main, arguant qu'une participation française à ce programme « Equapac » aux cotés des autres grandes nations influentes de la région, *Amérique*, *Japon*, *Australie*, *Nouvelle Zélande*, mais aussi *Grande Bretagne*, était une occasion unique, à ne pas manquer, de montrer le pavillon français dans ce coin reculé du monde. Les autorités françaises et la direction de

⁷ On appelle ainsi les observations des propriétés physiques, principalement température et salinité, de l'océan à toutes profondeurs le long de la route d'un navire océanographique.

l'ORSTOM furent plus sensibles à ces arguments politiques qu'à un discours purement scientifique et décidèrent de doter l'équipe de *Nouméa* d'un navire de recherche hauturier. Ce fut l'ORSOM III⁸ dont les péripéties de la transformation en navire océanographique de ce déjà vieux caboteur, pour devenir un des fleurons de « La marine ORSOM » des années 1950 (Encart 1), méritent quelques commentaires (note 8).

Encart 1

La « Marine ORSOM (ou ORSTOM) » dans les années 1950

(Source principale : *Patrice Roderer* « 20.000 lieues sur les mers – La marine ORSTOM »)

Dans les années 1950 il y eut trois navires ORSOM pour les trois océans tropicaux, ébauche d'une « marine » ORSOM. Outre l'ORSOM III (voir note 8), l'ORSOM I, fut affecté au centre de *Nossy Be* (Petite île paradisiaque du nord de la grande île de Madagascar) dans l'océan Indien. Acheté comme chalutier à La Rochelle en juillet 1954, il arriva seulement 6 mois plus tard dans l'océan Indien après avoir contourné l'Afrique par *Le Cap*. Armé principalement pour la pêche aux thons au filet, à la longue ligne et à l'appât vivant, il fut opérationnel pendant près de 4 ans, naviguant surtout dans le canal du *Mozambique*. Mais, endommagé et fatigué, il fut interdit de navigation et vendu en 1959. L'ORSOM II, eut une carrière encore moins brillante. Chalutier-sardinier de 15 mètres, il fut affecté au centre ORSTOM de *Cayenne* en août 1953 pour satisfaire des demandes de campagnes sur le bord ouest de l'Atlantique tropical. Il fut utilisé principalement pour la prospection et l'étude des zones favorables aux crevettes. Signalons qu'un des premiers océanographes physiciens de l'ORSTOM, *Jean Le Floc'h*, dont on reparlera plus loin et qui devint professeur à l'*Université de Bretagne Occidentale* à *Brest*, utilisa temporairement ce navire pour étudier la structure hydrologique de l'océan au large de l'embouchure de l'*Amazonie*. Enfin pour être presque complet sur cette époque couvrant les années 1950, mentionnons les noms des navires dédiés aux études du bord oriental de l'océan Atlantique tropical : *La Reine Pokou* en *côte d'Ivoire*, *La Gaillarde* et *l'Ombango* au *Congo (Pointe Noire)*.

La première campagne océanographique de l'ORSOM III fut donc la participation française au programme international « Equapac » en septembre-

⁸ Pourquoi cette appellation d'ORSOM III ? C'est évidemment en référence à l'« Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer », le nom de notre institut avant qu'un T (pour Technique) lui soit rajouté. En novembre 1954 le centre ORSTOM de *Nouméa* fit l'acquisition d'un petit caboteur qui se serait appelé « *Bateman's Bay* », collectant le copra entre les *Nouvelles Hébrides*, l'*Australie*, la *Nouvelle Calédonie* et les *Iles Loyauté*. *Rotschi* entreprit de le transformer en navire océanographique et il fut baptisé ORSOM III. Sa transformation en navire de recherche ne fut pas facile et prit presque deux ans. Long de seulement 21,5 mètres et large de 6 mètres il était doté d'une carène très ronde, le rendant particulièrement sensible au roulis. Ses aménagements terminés au début de l'année 1956, des essais à la mer purent débuter. Ils furent catastrophiques, toutes la vaisselle et de nombreux instruments furent brisés ce qui conduisit à repenser complètement son plan et à modifier en conséquence ses aménagements. Finalement il fut prêt en septembre 1956 pour réaliser sa première réelle campagne océanographique, la fameuse section « Equapac ».

octobre 1956. Elle dura 55 jours alors que l'autonomie normale du navire était d'une vingtaine de jours, ce qui généra une vive inquiétude parmi les familles à terre sans nouvelle de leurs scientifiques et de leurs marins car l'équipement radio du bateau ne fonctionnait pas ! Mais ce fut une réussite scientifique. La campagne, qui consistait à décrire et expliquer la structure hydrologique et dynamique (courants) de la zone tropicale et équatoriale ouest Pacifique, totalement inconnue à cette époque sur le plan océanographique, fut un succès presque total. Néanmoins les conditions de sa réalisation, sa durée, l'inconfort à bord à la limite de la dangerosité, incitèrent les responsables à modifier l'équipement et les installations intérieures du navire ainsi qu'à prendre des mesures conservatoires pour mener avec plus d'efficacité et sans danger des campagnes de mesures dans les zones isolées et lointaines.

Cette expérience acquise au cours d'« Equapac » persuada cependant nos responsables de *Nouméa* qu'il n'était pas raisonnable de vouloir renouveler des campagnes aussi lointaines avec un navire tel que l'ORSOM III ; désormais celui-ci jusqu'à l'arrivée, dix ans plus tard, d'un nouveau navire tout neuf, le « Coriolis », se cantonna à l'exploration du pourtour de la *Nouvelle Calédonie*, principalement la *mer de Corail* à l'est de l'*Australie*. Malgré tout, pour nos collègues étrangers, notamment les américains, cette réussite et la qualité des mesures réalisées durant « Equapac » crédita la petite équipe d'océanographes français perdue dans l'immense *Pacifique*, d'une réputation de compétence et de sérieux pour l'observation de l'océan. Il n'y avait qu'en métropole que nos collègues du Muséum et de l'université semblaient toujours douter du sérieux de nos travaux « sous les cocotiers ! » alors que l'ORSTOM, par son investissement dans les trois océans : Pacifique, Atlantique et Indien, étendait considérablement le champ d'action de l'océanographie française bien au-delà du seul bassin méditerranéen. Néanmoins, et on y reviendra, ces qualités d'observateurs de régions océaniques encore presque inconnues ne faisait pas pour autant de notre équipe isolée l'équivalent des grands centres de recherches océanographiques comme l'était la *Scripps* forte d'une centaine de chercheurs à la pointe de la science et reconnue comme telle par la communauté océanographique internationale. A *Nouméa* on était encore très loin de ces standards de l'excellence scientifique mais les choses changèrent comme on le verra plus loin.

En effet dans les années 1960, l'océanographie physique dans le monde n'était déjà plus seulement une exploration livrée aux seuls coureurs d'océans. Elle était devenue, depuis presque un siècle aux *États-Unis* et en Europe du

Nord (*Norvège, Suède, Danemark*), une sous-discipline scientifique à part entière de la géophysique et plus précisément de la géophysique des fluides. En *France* elle émergeait seulement avec l'étude de la Méditerranée sous l'impulsion du professeur *Lacombe* du *Muséum*. Cependant à *Nouméa* notre petite équipe avait des atouts notamment un navire océanographique, certes modeste et équipé d'instruments rudimentaires, mais il était à son entière disposition avec un océan inconnu à découvrir. Néanmoins, explorateurs un peu coupés du monde scientifique, méconnaissant même le métier de chercheur et ses règles, notamment celles concernant l'expression des résultats par des publications, chercheurs du bout du monde nous restions encore très isolés. C'est à cette époque que j'ai pris conscience de ce qui fut parfois appelé le « ghetto ORSTOM ». A cette époque les chercheurs ORSTOM, dans presque toutes les disciplines de l'environnement terrestre, n'étaient pas considérés par les universitaires français comme de vrais chercheurs mais seulement comme de supers techniciens observateurs, attachés à la description du milieu physique par des approches de géographe plutôt que de physicien. Les concepts et la culture géophysique, nous faisaient défaut. Mais, en océanographie les choses changèrent progressivement dans le sens d'un plus grand professionnalisme et un premier pas important fut accompli à partir de 1965 avec l'acquisition et la disponibilité d'un navire tout neuf spécifiquement dédié à la recherche océanographique et instrumenté à cet effet : le « Coriolis ».

Enfin un vrai navire océanographique

En dépit des lacunes évoquées plus haut et du peu de reconnaissance de nos collègues métropolitains trop confinés au cadre étroit de la Méditerranée, la qualité des travaux du groupe d'océanographes physiciens de *Nouméa* et leur rayonnement international naissant, attirèrent l'attention de la direction de l'ORSTOM et du gouvernement français. Celui-ci (en fait la DGRST) proposa et finança la construction d'un vrai navire océanographique pour doter la *France* dans cette région du monde d'une capacité de recherche à la hauteur de ses ambitions géopolitiques. Ce navire (Fig. 3) fut mis en chantier à *Dieppe* en 1962 et mis à l'eau fin octobre 1963. Restait à rejoindre *Nouméa* à l'autre bout de la planète ce qui pouvait représenter une épreuve pour un petit navire de 37 mètres, et fut effectivement éprouvant pour ceux qui embarquèrent à *Dieppe* ! Après avoir recruté un équipage en partie sur les quais du port, le « Coriolis », ainsi

baptisé en référence au savant mathématicien du XIX^{ème} siècle qui formula l'influence de la rotation de la Terre sur les mouvements de l'océan et de l'atmosphère⁹, quitta *Dieppe* pour *Nouméa* le 10 octobre 1964. Il avait subi des essais probants en haute mer en mars-avril, qui s'étaient prolongés par une campagne (Equalant III) dans l'Atlantique au large de *Dakar* en juillet-aout de cette même année. Le navire traversa l'Atlantique et atteignit le Pacifique par le canal de *Panama*, puis suivit l'équateur d'est en ouest avec, au milieu de son parcours équatorial, une escapade vers le sud dans l'archipel des *Tuamotu*. Enfin le navire descendit sur *Nouméa* en suivant le méridien 170° E déjà observé au cours de la campagne « Equapac ».



Figure 3 : Le navire océanographique « Coriolis »

Mais ce déplacement du navire n'était pas sans objectif scientifique, une campagne océanographique, baptisée *Alizé*, fut organisée le long de son trajet équatorial sur deux périodes et en deux tronçons (Fig. 4). Entre le 20 novembre et le 10 décembre 1964 le navire fit des mesures depuis les îles *Galápagos* (90° W) jusqu'au méridien 145° W, et du 18 février au 8 mars 1965 le navire parcourut le restant du trajet équatorial de 145° W à 160° E. Entre les deux tronçons de cette campagne *Alizé*, du 10 décembre 1964 au 18 février 1965, le « Coriolis » fut dérouté de sa trajectoire équatoriale vers les sites nucléaires des

⁹ La rotation de la Terre sur elle-même induit une force complémentaire qui dévie les mobiles vers la droite dans l'hémisphère nord et la gauche dans l'hémisphère sud ; cette force s'applique à tous les mobiles, y compris et surtout aux fluides géophysiques que sont l'atmosphère et l'océan. La référence à *Gaspard-Gustave Coriolis* et à la force qui porte son nom est incontournable en océanographie ; elle est présente dans presque toutes les théories touchant à sa dynamique (les courants), et elle était donc parfaitement justifiée pour désigner un navire océanographique.

iles *Tuamotu* et *Gambier* et fit une escale prolongée à *Tahiti* en *Polynésie*. Ce déroutement était le plus légal qui soit puisque c'était à la demande de la DIRCEN¹⁰ et sous le couvert d'une convention passée entre le « Commissariat à l'Énergie Atomique – CEA » et la direction de l'ORSTOM. Cette escapade dans les mers du sud sous le nom de croisière *Atoll*, était destinée à réaliser des prélèvements hydrologiques et des analyses chimiques des eaux marines dans une région peu connue du centre du Pacifique Sud mais qui était devenue une « zone sensible » du fait des expériences nucléaires françaises en cours. Enfin, pour amener le nouveau navire océanographique à bon port, la descente de l'équateur vers *Nouméa* s'effectua en recueillant encore des observations hydrologiques le long des méridiens 160° E et 170° E. Ce dernier deviendra le méridien de référence sur lequel seront concentrées presque toutes les observations ultérieures de l'équipe pour caractériser l'évolution du Pacifique équatorial occidental. Le « *Coriolis* » arriva enfin à *Nouméa* le 15 mars 1965 après avoir perdu en route quelques matelots dans des circonstances diverses, malheureusement tragiques pour deux d'entre eux.

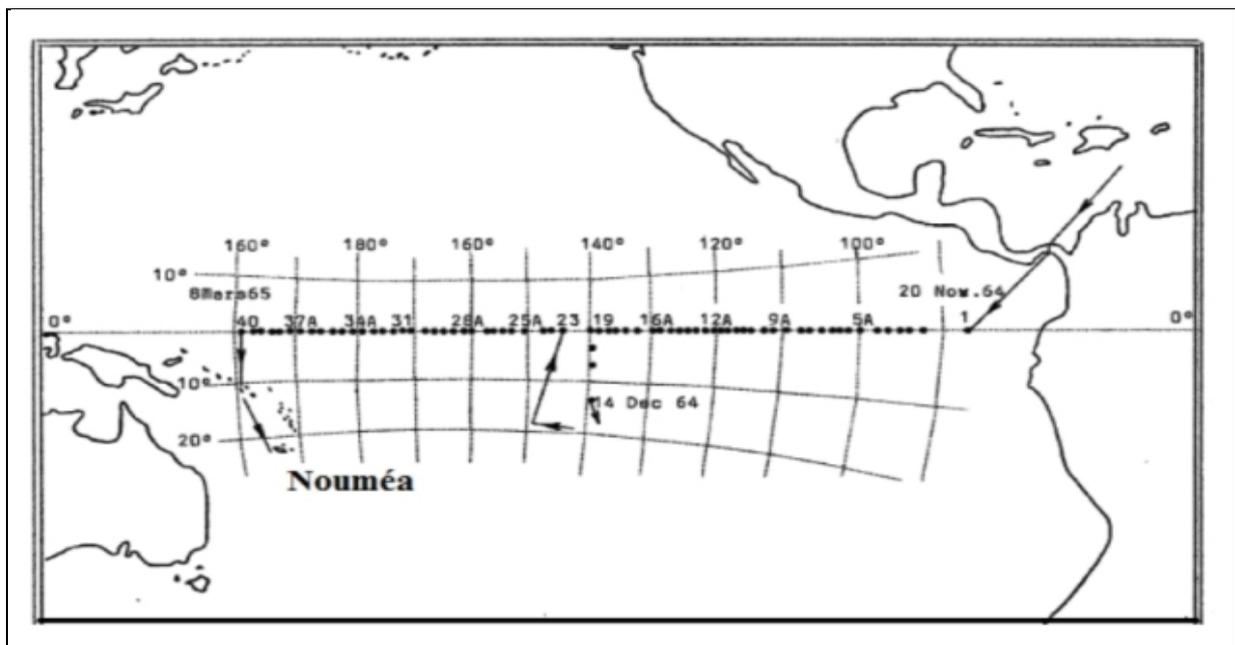


Figure 4 : La croisière *Alizé* du « *Coriolis* » le long de l'équateur.
Chaque point représente une station de mesures.

¹⁰ La DIRCEN : *DI*REction des *C*entres d'*E*xpérimentation Nucléaires, était l'organisme, dépendant à la fois du *Commissariat à l'Énergie Atomique – CEA* et du ministère des armées, chargé de gérer les activités des centres d'expérimentation nucléaires dont celui du Pacifique.

Cette campagne *Alizé* est devenue célèbre dans le petit monde des océanographes physiciens car pour la première fois l'océan Pacifique équatorial était observé jusqu'à 600 mètres de profondeur dans sa totalité, sur près de 160 degrés de longitude – presque la moitié de la circonférence terrestre – par un seul navire océanographique et en une seule fois, ou presque, si l'on excepte l'interruption de près de deux mois en milieu de parcours. De la surface à 600 mètres de profondeur, des prélèvements d'eaux, aux points de stations espacés en moyenne de 2° de longitude, permettaient de mesurer la température, la salinité, la teneur en oxygène, et la teneur en sels nutritifs (phosphate, nitrate, nitrite). Pour la première fois la différence entre l'est et l'ouest du plus grand bassin océanique équatorial de la planète pouvait être saisie d'un seul regard. C'était particulièrement spectaculaire en ce qui concerne la température (Fig. 5) montrant un approfondissement de la couche homogène superficielle chaude entre l'est, où les eaux froides affleurent à la surface, et l'ouest où au contraire cette couche s'approfondie pour atteindre une épaisseur de plus de 100 mètres avec une température homogène de près de 30° C. Cette section équatoriale matérialisait ainsi la fameuse « piscine chaude », traduction de la « Warm pool » des anglo-saxons, qui constitue le grand réservoir énergétique issu du rayonnement solaire et stocké dans les océans équatoriaux sous forme de chaleur, dans lequel l'atmosphère puise l'essentiel de son énergie. On verra que ce réservoir d'eaux chaudes est d'une importance capitale pour le climat et qu'il est impliqué dans les phénomènes d'interactions entre l'océan et l'atmosphère tels que El Niño et La Niña dont on parlera abondamment plus loin. Cette coupe thermique équatoriale, œuvre de nos prédécesseurs qui accompagnèrent ce nouveau navire océanographique tout neuf qui nous¹¹ était offert et qui précéda notre arrivée en Nouvelle Calédonie d'environ une année et demie, contribua beaucoup à la renommée internationale de l'équipe que nous rejoignîmes. Cette section fut reproduite et citée dans des centaines de publications pour illustrer la caractéristique principale des océans tropicaux et équatoriaux à savoir leur structure en deux couches séparées par une zone de transition rapide de la température appelée la thermocline.

¹¹ Le « nous » désigne ici les trois océanographes physiciens de la promotion que nous représentions : *Bruno Voituriez*, *Pierre Rual* et moi-même qui arrivèrent à *Nouméa* presque ensemble en octobre 1966, 18 mois après le « *Coriolis* ».

Une mise au point des objectifs scientifiques

On a noté l'isolement et le peu de considération que le groupe des océanographes physiciens de *Nouméa* suscitait dans le milieu scientifique métropolitain. Certes le gouvernement français avait doté cette équipe d'un bateau tout neuf, mais c'était pour des raisons plus politiques que scientifiques.

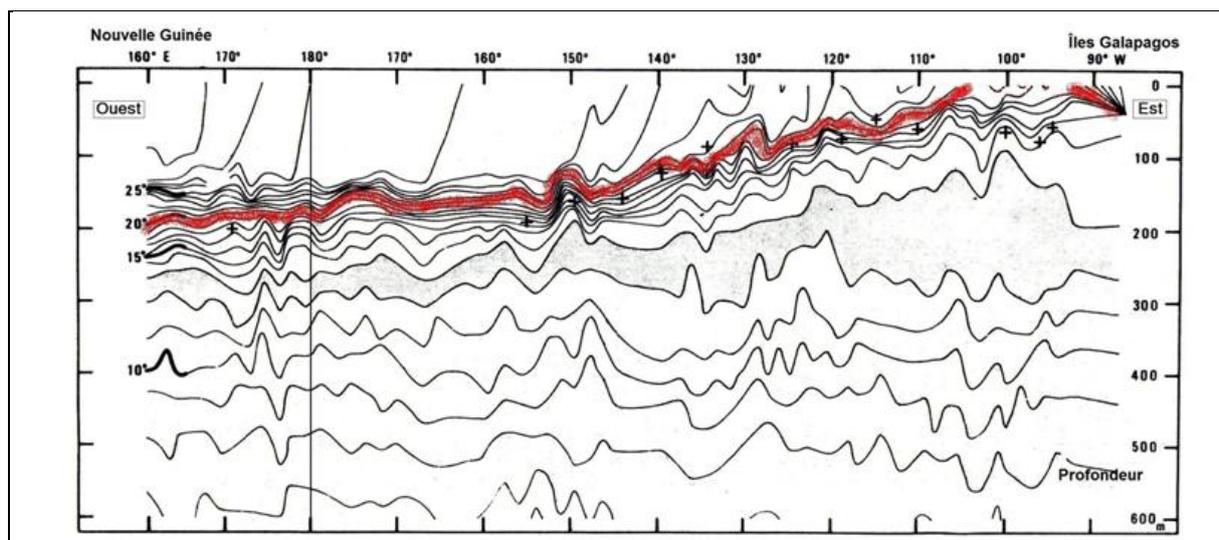


Figure 5 : Coupe thermique le long de l'équateur durant la croisière *Alizé* du « Coriolis ». En rouge l'isotherme 20° C représente la thermocline.

Il fallait donc assigner à ces chercheurs des antipodes des objectifs scientifiques et bâtir des programmes autour de ces moyens nouveaux en insérant les jeunes chercheurs, dont je faisais partie, qui venaient grossir l'équipe initiale. La prééminence historique d'océanographes biologistes dans ce centre de *Nouméa*, notamment du plus ancien d'entre eux, *Michel Legand*, spécialiste des thons, orienta naturellement les programmes du « Coriolis » vers ce qui était l'objectif rassembleur habituel des centres de recherche océanographiques polyvalents dans le monde, à savoir l'étude de l'environnement physique du milieu vivant et son exploitation par la pêche. Cette prééminence des recherches biologiques sur celles de la physique était d'ailleurs le fait de presque tous les centres océanographiques du Pacifique que ce soit le centre de recherche des pêches américain autour de l'université d'*Hawaï* ou ceux des nombreuses universités japonaises pour qui l'étude des conditions de la pêche étaient un objectif à la fois scientifique et économique incontournable. C'est donc naturellement

l'environnement physique des thons du Pacifique, leur biologie et les conditions de leur pêche dans l'éventualité de la venue d'une flotte de navires de pêche français¹², qui devint l'objectif général commun et affiché des recherches menées à la fois par les biologistes et les physiciens. Un tel objectif, qui pouvait à terme offrir un débouché concret ou au moins être présenté comme tel, rassuraient les décideurs parisiens - direction de l'ORSTOM, gouvernement et DGRST - qui pouvaient ainsi plus facilement justifier les décisions d'investissements lourds, en terme de navire de recherche et d'équipements, qu'ils avaient consentit.

Cependant nous, les océanographes physiciens, étions un peu désappointés par cet objectif lointain et flou et nous n'y trouvions pas vraiment notre compte. Étudier l'environnement physique d'une espèce marine vivante exploitable était un objectif très vague qui nous ramenait à un rôle de technicien observateur de luxe, et ni *Rotschi* ni son équipe et nous-mêmes les nouveaux arrivants, ne souhaitions nous enfermer dans un tel rôle subalterne. Par contre, ce qui fascinait *Rotschi* et qu'il avait entrevu lors de son séjour à la *Scripps* aux *États-Unis* c'est la présence à l'équateur d'un sous-courant portant à l'est dans le sens contraire du courant de surface dominant poussé par les vents alizés. Ce sous-courant équatorial, découvert¹³ en 1952, dans le Pacifique oriental par *Townsend Cromwell* de l'institut des pêches d'*Hawaï* témoignait de la complexité de la circulation équatoriale. Cette singularité équatoriale commençait à exciter la curiosité des théoriciens, notamment aux *États-Unis*. Le rêve de *Rotschi*, et l'équipe le suivit sur ce point, devint d'explorer la circulation équatoriale du bord ouest du Pacifique, presque inconnue à cette époque, et de découvrir une éventuelle extension occidentale de ce sous-courant équatorial

¹² A cette époque les thoniers français ne s'aventuraient pas encore dans l'océan Pacifique, trop éloigné de leurs bases, mais on savait que presque toute l'activité de recherche océanographique japonaise était destinée à soutenir la pêche thonière niponne. Aussi les océanographes japonais que l'on pouvait rencontrer comprenaient mal que des chercheurs français, aussi éloignés de leurs bases, puissent s'intéresser, seulement pour le plaisir de la connaissance, à la dynamique de la circulation équatoriale. Ils nous soupçonnaient fortement d'être là pour préparer secrètement l'invasion prochaine d'une flotte de thoniers français, ce que nous ne démentions pas pour les impressionner !

¹³ Le sous-courant équatorial avait été deviné dans l'Atlantique, plus d'un siècle plus tôt (en 1876) par un océanographe écossais *Young Buchanan* lors de la remontée vers le nord du célèbre navire de recherche britannique *Challenger* au cours de sa première campagne circumterrestre et alors qu'il traversait l'équateur Atlantique. *Buchanan* avait remarqué qu'un câble immergé était tiré en sens contraire du courant de surface. 10 ans plus tard en 1886 *Buchanan* revint sur les lieux avec un dispositif à ancrs flottantes immergé à 10 pieds de profondeur et démontra qu'il y avait bien à l'équateur un sous-courant coulant en direction de l'est, en sens opposé au courants de surface poussés par les alizés. Mais sa découverte fut oubliée pendant près de 80 ans avant que *Townsend Cromwell* ne redécouvre, dans le Pacifique cette fois, ce sous courant qui maintenant porte son nom.

découvert récemment à l'est. Un objectif plus ambitieux encore était de mettre en évidence une éventuelle variabilité temporelle de ce sous-courant qui pouvait nous conduire à des pistes explicatives possibles sur son existence.

Les objectifs scientifiques des physiciens furent mis en forme et finalement nous trouvâmes une convergence possible avec ceux des biologistes et des halieutes. En effet il devenait de plus en plus évident que la zone équatoriale était affectée par des remontées d'eaux profondes (Upwelling en anglais) riches en sels nutritifs qui favorisaient une productivité biologique susceptible d'enrichir les premiers étages de la chaîne alimentaire conduisant aux espèces exploitables par la pêche. Ce phénomène de remontée d'eaux à l'équateur, appelée encore divergence équatoriale, ou upwelling équatorial, est généré par le vent qui, lorsqu'il souffle parallèlement à l'équateur en direction de l'ouest, comme les alizés, entraîne des phénomènes particuliers liés à la rotation de la Terre qui accélèrent les courants et aspirent vers la surface les eaux plus profondes. Il devenait donc légitime et cohérent d'étudier ensemble, physiciens et biologistes, les mécanismes de la circulation équatoriale et les mécanismes de cet enrichissement biologique associés. L'objectif scientifique général devint alors celui de comprendre pourquoi et comment la physique singulière des régions équatoriales était favorable à un enrichissement biologique accru et donc à une ressource halieutique.

Premiers contacts « physiques » avec le Pacifique Sud

C'est dans ce contexte scientifique et cet environnement que je suis arrivé à *Nouméa* le 10 novembre 1966, épuisé par plus de 50 heures d'avion entrecoupées cependant de brèves escales à *Los Angeles* et *Tahiti*. Une semaine plus tard j'embarquais sur le « Coriolis » pour ma première croisière¹⁴, *Cyclone 1* inaugurant ainsi une série de sept croisières *Cyclone*, qui s'étendront sur plus d'une année et qui faisaient suite à quatre autres croisières antérieures, appelées *Bora*, réalisées l'année précédente en 1965. Toutes ces croisières avaient le même objectif : réaliser une section d'observations équatoriales le long du méridien 170° E (Fig. 6) déjà exploré au cours de la croisière *Equapac* pour

¹⁴ On parle aussi de « Campagne » ou d' « Expédition » pour désigner une sortie prolongée en mer destinée à la récolte d'objets ou d'observations ou encore de mesures océanographiques.

observer et comprendre la variabilité des paramètres physiques de cette région océanique. Les quatre *Bora*, une par saison, étaient destinées à une première approche de la variabilité saisonnière du système de circulation équatorial occidental. Il s'avéra que quatre points seulement pour décrire un cycle annuel étaient insuffisants, d'où les sept *Cyclones* qui suivirent. La première de la série, *Cyclone 1*, était cependant particulière en ce sens qu'elle se limitait à une station en point fixe répétée pendant 6 jours à proximité immédiate de l'équateur et toujours à la longitude de 170 ° Est. Il était nécessaire de connaître l'éventuelle variabilité à haute fréquence des paramètres observés afin d'évaluer l'intervalle de confiance de nos observations ponctuelles espacées d'un demi degré de latitude.



Figure 6 : Le Pacifique Sud. En rouge la section d'observation le long du méridien 170° Est.

Nous avons donc procédé à des observations répétées toutes les 4 heures, avec 20 niveaux de mesures jusqu'à 1.000 mètres de profondeur ce qui a conduit, pour chaque immersion, à 36 points d'observation incluant en chaque point les mesures de température, salinité, teneur en oxygène et en sels nutritifs, plus des mesures de courants. Cette répétition des mesures à une relativement

haute fréquence était apparue nécessaire à cause de la grande variabilité des observations effectuées au cours des croisières saisonnières *Bora* précédentes. Il devenait impératif d'obtenir une meilleure appréciation de cette variabilité qui affectait les courants et les caractéristiques des eaux qu'ils transportent, à toutes les fréquences. Il fallait répondre à la question : Qu'elle est la signification d'une station d'observation d'une durée moyenne de seulement une heure au cours d'une journée ? L'interprétation des données recueillies donna lieu à 2 publications dans lesquelles il était montré que le système de circulation équatoriale du Pacifique occidental, à cette longitude (170 ° Est), était affecté par une variabilité diurne importante, probablement générés par des phénomènes de marée interne. De plus, ces observations montraient que le sous-courant équatorial présentait une structure bi-cellulaire qui confirmait des observations antérieures faites plus à l'est par des chercheurs américains.

Au-delà de ces résultats scientifiques, qui apparaîtraient aujourd'hui d'une grande banalité, mais qui nous faisaient découvrir concrètement, pour la première fois, la variabilité à toutes fréquences de la circulation océanique équatoriale, une autre découverte, plus personnelle pour moi, fut celle de la navigation hauturière dans les immensités de l'océan Pacifique sur un petit navire long de seulement une trentaine de mètres et les rencontres insolites que l'on pouvait y faire. Je passe sur l'acclimatation aux mouvements du bateau qui fut un peu difficile les premiers jours, mais heureusement effacée par une escale improvisée sur une île minuscule, mais bien nommée puisqu'elle s'appelait *Ocean*, ou *Banaba*. Cette île corallienne de quelques kilomètres de rayon, exploitée pour son phosphate, appartenait historiquement à l'archipel des *îles Gilberts* mais était encore sous mandat britannique dans les années 1960 ; elle nous permit à tous, scientifiques et marins, de souffler un peu et de réapprendre pendant deux jours ce qu'étaient les plaisirs de la terre ferme sur les grasses pelouses de la résidence du gouverneur.



Figure 7 : Situation de l'île ANUDA isolée dans l'archipel des *Santa Cruz* appartenant à l'État des *Iles Salomon*

Outre cette île de phosphate, la route du navire le long du méridien 170 °E passait à proximité d'une autre île encore plus petite et plus isolée. Appelée *Anuda*, ou *Anuta*, et située à la latitude 11° 30' S (Figs. 7 et 8), cette île d'un diamètre de moins d'un kilomètre incluait cependant une petite colline boisée et des champs cultivés avec une population atteignant presque 300 personnes, lui conférant ainsi une densité humaine parmi les plus élevées au monde. Cette île étonnante, qui appartient maintenant à l'État des *îles Salomons* (*Solomon Islands*), a fait l'objet, depuis, de nombreuses études ethnologiques. A l'époque où on naviguait à sa proximité, elle était seulement visitée deux fois par an par un navire australien embarquant un médecin. Nous avons débarqué deux fois au moins (une seule fois en ce qui me concerne) sur ses côtes rendues très difficiles d'accès par une barre redoutable, et nous sommes allés à la rencontre de ses habitants. Surprenante et émouvante découverte de ces naturels dont seuls les hommes¹⁵, vêtus seulement d'un étui pénien, étaient visibles, aussi surpris que nous de nous voir si différents dans nos accoutrements et en même temps si semblables dans notre humanité. Nous apprîmes par la suite que les habitants de cette île appartenaient à une ethnie polynésienne, ce qui était étonnant pour une région de peuplement mélanésien. La surprenante densité de population, qui normalement aurait dû les conduire rapidement à l'épuisement de leurs

¹⁵ Les femmes et les enfants étaient tenus à l'écart par prudence face aux navigateurs inconnus que nous étions, débarquant sans y être invités. Aucune hostilité cependant de la part de ces hommes qui riaient à chacune de nos tentatives maladroitement d'échanger quelques mots mais qui étaient manifestement heureux de nous voir.

ressources sur un si petit territoire et à leur disparition, était dûe à une organisation sociale sans équivalent dans le monde. Les habitants de cette île partagent tous leurs biens dans une attitude de prise en charge mutuelle les uns des autres avec pour seule finalité l'intérêt du groupe et la survie de sa population. Ce comportement humain insolite mais particulièrement favorable à une population aux prises avec un environnement aussi fragile, à préserver coûte que coûte, a, plus tard, attiré l'attention des médias et des spécialistes des sciences sociales étudiant les relations entre l'homme et son environnement. Nous avons eu la chance de visiter cette île et de rencontrer sa surprenante population avant que la civilisation ne s'occupe d'elle et la perturbe malheureusement peut-être à jamais.



Figure 8 : ANUDA vue du ciel avec son rocher, son récif et son lagon

Le vent gouverne la circulation du Pacifique équatorial occidental

Cyclone 1 fut suivi de 6 autres croisières de la série des *cyclones* mais avec un objectif commun différent de la première dédiée à l'étude de la variabilité de la circulation équatoriale. Ces nouvelles campagnes *Cyclone 2, 3, 4, 5, 6, 7* qui s'étalèrent de mars 1967 à mai 1968 se déroulaient en deux parties distinctes : (i) Une longue section tropicale, toujours sur le méridien 170° Est, de Nouméa (situé environ à 20° S) jusqu'à 4° S ; les points de mesure étaient peu denses, espacés de 2° en latitude. (ii) Puis une section méridienne strictement

équatoriale entre 4° S et 4° N pour décrire en détail, avec des stations distantes de seulement 30 minutes de latitude, le système de circulation équatorial avec ses courants, contre-courants, et sous courant. Outre *Cyclone 1* j'ai participé à *Cyclone 3*, *Cyclone 4* et *Cyclone 7*. La préparation des campagnes, leur réalisation et le dépouillement des observations recueillies occupaient à plein temps le quotidien de l'ensemble de l'équipe, d'autant plus qu'on était encore à la préhistoire de la révolution informatique et que tous les calculs s'effectuaient à la main ou au mieux avec une règle à calcul ! Ces croisières répétitives, strictement identiques au plan initial et destinées à décrire la variabilité saisonnière du système équatorial, duraient environ 22 jours, et se sont répétées à une fréquence quasi mensuelle.

Ces données nouvelles apportèrent une description détaillée du système de circulation équatorial et confirmèrent l'importance des variations saisonnières. Mais ce ne fut pas tout, le résultat scientifique essentiel, publié dans un journal scientifique américain (*Journal of Marine Research*) avec mes deux collègues, *Philippe Hisard* et *Bruno Voituriez*, établit une relation étroite, à l'équateur, entre le vent et la circulation océanique zonale des 500 premiers mètres de profondeur (Fig. 9 et Document 7). Lorsque le vent souffle intensément en direction de l'ouest, autrement dit lorsque les alizés sont forts, le courant de surface porte normalement à l'ouest, mais le sous courant de retour portant à l'est est organisé en deux cellules, une cellule supérieure autour de 100 mètres de profondeur et une cellule plus profonde autour de 200 mètres. Lorsque le vent faiblit et même change de sens en soufflant en direction de l'est, la cellule supérieure du sous-courant disparaît remplacée par un courant portant à l'ouest tandis qu'en surface il porte maintenant à l'est. Cette relation vent-courant que l'équipe a pu mettre en évidence par des observations répétées grâce à sa présence sur place pendant plusieurs années a offert à la communauté scientifique internationale un incomparable jeu de données. Ces observations ont permis de montrer qu'il existait des relations entre le bord est et le bord ouest des bassins océaniques équatoriaux comme celui du Pacifique et contribuèrent à expliquer la fameuse oscillation météo-océanique : El Niño ou ENSO (*El Niño and Southern Oscillation*) caractérisée par des anomalies de températures de surface au large du Pérou et de l'Équateur. Pour la première fois on comprenait qu'El Niño n'était qu'un des aspects (apparaissant dans la région est) d'un phénomène plus vaste qui intéressait l'ensemble du pacifique équatorial, est et ouest compris.

Nous n'avons cependant pas vraiment eu conscience à l'époque de toute la valeur scientifique de nos observations et en particulier nous n'avons pas vu que l'ouest Pacifique était relié à ce qui se passait à l'est, où se manifestait El Niño. En effet, dans les années 1960, il n'était encore venu à l'idée de personne que les eaux chaudes qui envahissaient périodiquement le Pacifique oriental lors d'un El Niño pouvaient venir du grand réservoir d'eaux chaudes du Pacifique ouest, la fameuse « warm pool » évoquée précédemment, dans un système d'oscillations météo-océaniques embrasant l'ensemble du Pacifique tropical avec des incidences majeures sur la variabilité interannuelle du climat de l'ensemble de la ceinture tropicale. Ce sont principalement deux océanographes américains, que l'on a bien connu plus tard, *Klaus Wyrtki* (1975) et *George Philander* (1973), qui, étudiant nos observations à la loupe, ont établi cette relation est-ouest de la structure du système de circulation Pacifique équatorial, bâtissant ainsi les premières théories de cette célèbre « téléconnexion » météo-océanique naturelle dès lors appelée ENSO. On en reparlera.

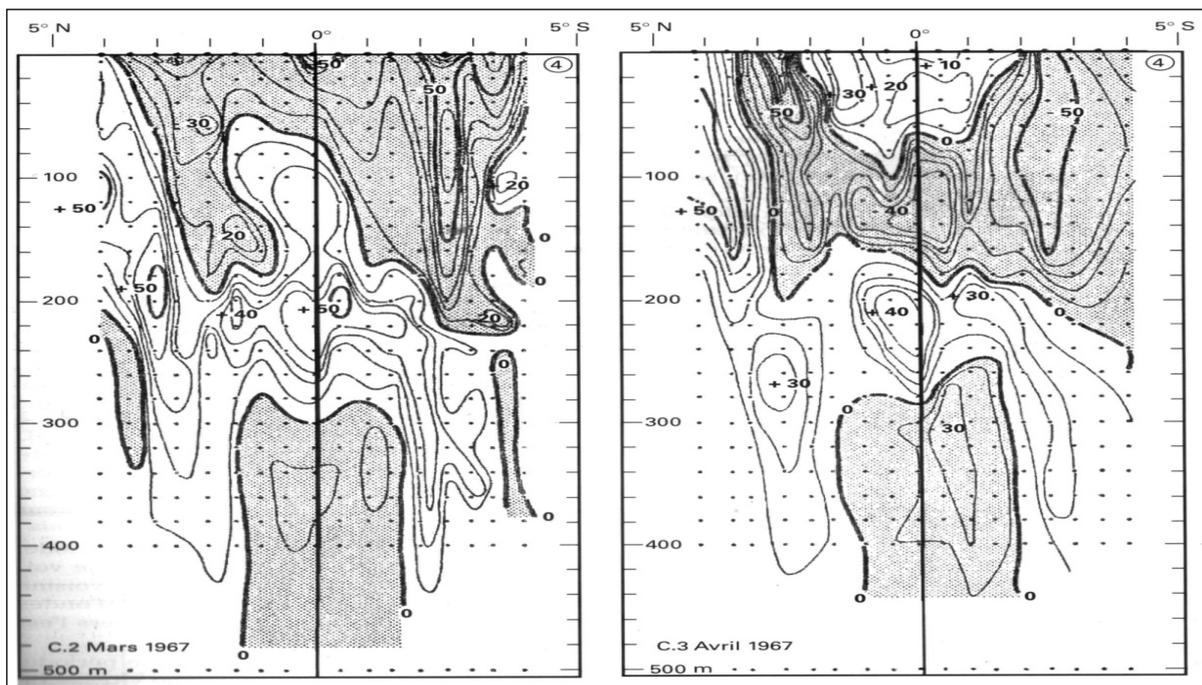


Figure 9 : Les courants (en cm/s) entre 0 et 500 mètres de profondeur le long de la section méridienne 5°N - 5°S à 170 ° E. En mars 1967 (Figure de gauche) les alizés soufflaient en direction de l'ouest entrainant un courant de surface vers l'ouest (en grisé) et un sous-courant de sens opposé composé de deux cellules portant à l'est. Un mois plus tard en avril 1967 (Figure de droite), au contraire, le vent soufflait en direction de l'est, générant un courant de surface en direction de l'est et réduisant le sous-courant équatorial à sa cellule inférieure, à plus de 200 mètres de profondeur.

D'autres découvertes plus tropicales et plus lointaines

Tandis que les croisières *Bora* et *Cyclone* livraient leurs secrets avec la découverte de la circulation du Pacifique équatorial occidental, les observations de la partie tropicale de la section, entre 20° S et 4° S, étaient également examinées avec attention car elles étaient potentiellement porteuses d'une précieuse information sur les courants de cette région sud tropicale, encore très mal connue.

Mais d'autres régions au sud de l'équateur et plus au centre du bassin équatorial pacifique furent étudiées. En complément des observations le long du méridien 170 ° E, une autre région du Pacifique sud, plus à l'est, fut explorée à l'occasion de campagnes demandées encore par la DIRCEN ; il s'agissait de la région centrée sur la *Polynésie Française* incluant les archipels des îles *Tuamotu*, *Marquises* et *Australes*. On a déjà mentionné une première campagne de mesures de ce type : La croisière *Atoll* qui interrompit la croisière inaugurale équatoriale *Alizé* entre décembre 1964 et Janvier 1965. Après le retour du « Coriolis » à *Nouméa*, *Alizé* fut suivie en Août-septembre 1965 par la croisière *Brisants* toujours contractée par la DIRCEN et avec les mêmes objectifs à la fois scientifiques et politiques. Il y eut encore *Diademe* rapidement organisée en octobre 1967 toujours à la demande pressante de la DIRCEN pour montrer le pavillon français et ses scientifiques aux populations inquiètes de *Polynésie*, des *Tuamotu*, et des îles *Marquises* (Fig.10). Ces croisières scientifiques sur commande étaient destinées à rassurer les populations locales en les persuadant que l'État français faisait bien tout pour surveiller et maîtriser une éventuelle pollution radioactive issue des centres d'essais nucléaires.



Figure 10 : Découverte, au petit matin sur une mer d'huile, de la baie de *Nuku-Hiva*, chef-lieu de l'archipel des *Marquises*.

Puis, l'affectation du « Coriolis » en *Polynésie* à partir de l'été 1968, donna lieu à des croisières d'un type nouveau plus spécifiquement orientées vers la connaissance physique et biologique de la région, indépendamment des problèmes de pollutions radioactives. C'est la perspective d'observer des conditions favorables à la présence possible de thons dans cette région du Pacifique sud que, après la fin des croisières *Cyclone*, fut mise sur pied en *Polynésie* une nouvelle série de croisières, appelées *Caride*. Entre septembre 1968 et septembre 1969 il y eut cinq *Caride* répétitives avec des objectifs identiques orientés vers l'étude de la stratification (alternance de courants de sens opposés) des courants tropicaux dans la partie centrale du Pacifique Sud (*Tuamotu*, *Marquises* et équateur). L'objectif était d'étudier l'impact de cette stratification sur l'enrichissement biologique depuis la production primaire planctonique jusqu'aux thonidae.

Enfin, toujours dans les années 1960, les régions les plus occidentales du Pacifique équatorial, à l'ouest du méridien 170° E, vers le nord de l'*Australie* et la *Papouasie-Nouvelle-Guinée*, ont aussi fait l'objet d'une exploration scientifique. Il s'agissait d'étudier la terminaison du système de circulation équatorial du Pacifique occidental et sa connexion avec l'océan Indien dans une région océanique encore presque totalement inconnue. Au vu de ce qui avait été

observé sur le méridien 170° E, des questions se posaient : Où et comment le sous-courant équatorial, portant à l'est, prend-t-il sa source au voisinage des frontières continentales de la *Nouvelle Guinée* et de la *Papouasie* ? Comment ce sous-courant équatorial est-il connecté au contre-courant équatorial nord ? Comment prend naissance, et sous quelles conditions météorologiques, un intermittent contre-courant équatorial sud découvert au cours des campagnes précédentes *Bora* et *Cyclone* le long du méridien 170° E ? D'une façon plus générale les questions qui se posaient immédiatement dans cette région inconnue de l'océan mondial et qui excitaient la curiosité de beaucoup d'océanographes tournaient autour de l'origine de ces contre-courants et sous-courants opposés au vent dominant. Ils représentaient une singularité étonnante des régions équatoriales et suscitaient de nouveaux questionnements : Comment ces courants équatoriaux étaient-ils reliés à la circulation océanique générale des latitudes plus élevées ?

Pour tenter de répondre même seulement partiellement à ces interrogations et compléter notre compréhension du système de circulation équatorial occidental du côté de l'*Australie* et de la *Papouasie-Nouvelle Guinée*, plusieurs croisières furent organisées entre 1969 et 1971 : *Danaïdes* en Juin-juillet 1970, *Foc 1* en janvier-février 1971 et *Foc 2* en juin-juillet 1971. Ces campagnes ont permis de mieux comprendre la physique de cette région océanique singulière où s'accumule le réservoir d'eaux chaudes de l'océan mondial, la célèbre *Warm pool*. Il était important d'observer et de comprendre comment ces eaux chaudes se distribuaient entre courants, sous-courants et contre-courants. Bien que ces campagnes aient été encore seulement exploratoires, elles apportaient des premiers éléments de connaissance et suggéraient de nouvelles pistes de recherche qui s'imposeraient plus tard à la communauté scientifique internationale dans le cadre de la question climatique.

Des résultats scientifiques originaux dans le Pacifique tropical sud

Ces campagnes d'observations, incluant la répétition des croisières *Cyclone* et *Bora*, le long du méridien 170° E, puis les croisières *Atoll*, *Brisants*, *Diadème* et *Carides* dans le Pacifique tropical central, enfin les croisières *Foc* dans le Pacifique occidental, se sont déroulées entre 1965 et 1971 et ont permis

de couvrir d'observations l'ensemble du Pacifique tropical central et occidental. Au-delà de la région complexe strictement équatoriale et de la découverte des sous-courants variant saisonnièrement sous l'influence du vent, mentionnés précédemment, ces campagnes ont permis de donner une image cohérente de l'ensemble de la circulation générale du Pacifique occidental tropical jusqu'à la latitude moyenne de 25° S. Un ensemble de courants superficiels portant à l'ouest dans le sens des vents dominants, les alizés, et de contre-courants portant à l'est en sens opposé, a été mis en évidence. Ce feuilletage tropical ouest-est et est-ouest était encore mal connu à l'époque bien que des chercheurs américains et japonais aient suggéré son existence dès le début des années 1960. Les observations que nous avons réalisées dans cette zone tropicale nous ont permis, avec *Henri Rotschi* et *Bruno Voituriez* de confirmer l'existence d'un « contre-courant équatorial Sud », opposé aux alizés, centré sur la latitude 10° S. Nous avons également mis en évidence l'existence d'un autre contre-courant encore plus au sud centré sur la latitude 20 ° Sud que nous avons appelé le « contre-courant tropical Sud » (Document 8).

Pourquoi l'étude de ces contre-courants, au-delà des explications physiques de leur origine qui était encore mystérieuse dans les années 1960, était-elle si importante ? La réponse à cette interrogation nous ramène à la discussion antérieure, exposée au chapitre précédent, sur les objectifs scientifiques de ces croisières répétées entre *Nouméa* et l'équateur. On peut répondre que cette alternance de courant et de contre-courant favorise la remontée dans la zone euphotique - soumise au rayonnement solaire - des eaux sous-jacentes plus riches en sels nutritifs et donc susceptibles de créer un environnement physique favorable à une productivité biologique accrue. Ainsi, au-delà de l'étude très physique de la zone strictement équatoriale, exposée précédemment, l'exploitation des observations tropicales dans l'ensemble du Pacifique occidental et central sud a permis de mettre en évidence des régions plus favorables à la productivité biologique et à la présence de ressources halieutiques exploitables comme les thons. On répondait ainsi à l'objectif scientifique général qui nous avait été assigné pour justifier l'acquisition de ce navire tout neuf, « Le Coriolis » qui fut mis intégralement à notre disposition pour explorer une région marine encore inconnue, au-delà de motivations non avouées et plus politiques.

Mais on a raté El Niño !

Revenons sur les résultats de l'étude du système équatorial entre 5° S et 5° N. Sur le plan scientifique et pour simplifier, l'ensemble de ces observations équatoriales a permis de montrer que c'est la position en latitude de la zone de convergence des alizés qui contrôle les retours vers l'est des contre-courants et des sous-courants nécessaires à l'équilibre en masse des eaux superficielles chaudes poussées en direction de l'ouest par les vents alizés. Il y a bien accumulation d'eaux chaudes pour créer à l'ouest la fameuse « Warm pool », mais il faut un système d'évacuation du trop plein pour maintenir cet équilibre en masse. Ce sont les contre-courants et le sous-courant équatorial, appelés quelquefois « courants de retour », qui s'en chargent (Encart 2).

Comme indiqué précédemment ces considérations nous ont amenés au bord d'une découverte majeure, celle de l'implication du phénomène El Niño, seulement connu à l'époque dans le pacifique oriental (*Equateur, Pérou*), dans l'ensemble du système de circulation du Pacifique équatorial. Mais nous n'avons pas perçu la relation qui existait entre ce que nous observions dans le Pacifique occidental et les phénomènes plus spectaculaires et déjà connus qui affectaient sa partie orientale, principalement observés par les américains. Nos observations offraient la pièce manquante d'un puzzle¹⁶ dont d'autres, *Wyrski* (1975), *Philander* (1973), *Rasmussen-Carpenter* (1982)... après *Bjerknes* (1969), se saisirent plus tard pour élaborer les premiers mécanismes possibles expliquant le phénomène ENSO dans son ensemble, non plus seulement vu sous son aspect local confiné au large du *Pérou* et de l'*Equateur*, mais embrassant l'ensemble de la ceinture tropicale Pacifique. Nous étions des observateurs appliqués et soigneux mais des observateurs à courte vue ; nous aurions beaucoup gagné à regarder plus attentivement ce que les autres (principalement américains et japonais) étudiaient à côté de nous dans la partie orientale du Pacifique équatorial, pour rattacher nos observations à El Niño.

¹⁶ Une autre pièce importante du puzzle avait été apportée quelques années plus tôt par un météorologue britannique, *Sir Gilbert Walker*. Il avait mis en évidence une oscillation de la pression atmosphérique aux deux extrémités du Pacifique tropical appelée l'« oscillation australe » ou « Southern Oscillation » qui gouvernait l'intensité des alizés et donc reliait ainsi l'est et l'ouest du Pacifique tropical et participait à la globalité du phénomène El Niño qui par extension s'est appelé par la suite ENSO pour « *El Niño and Southern Oscillation* ».

Encart 2

Vents, courants et contre-courants dans le Pacifique tropical

Les variations saisonnières de ces vents et courants équatoriaux sont un peu compliquées. Il y a les alizés du nord soufflant en direction du sud-ouest et les alizés du sud soufflant en direction du nord-ouest. Leur convergence est une ligne zonale qui n'est pas située exactement à l'équateur mais au nord de celui-ci entre 5° N et 15° N. Cette di-symétrie est due à la répartition des masses continentales de la planète, l'hémisphère sud étant « plus liquide » que l'hémisphère nord, plus continental. De ce fait en été boréal (juin-août) cette zone de convergence des alizés est dans sa position la plus nord, au voisinage de 15° N, ce qui pousse le courant équatorial sud au nord de l'équateur ; il alimente alors un contre-courant équatorial nord puissant. Au contraire en hiver boréal (janvier-mars) la zone de convergence des alizés est proche de l'équateur ce qui favorise une alimentation, par le courant équatorial sud, du sous-courant équatorial et du contre-courant équatorial sud.

Un coup d'œil sur les abysses Et l'océanographie américaine

Désireux de m'informer des techniques et des méthodes de travail des océanographes physiciens des *États-Unis*, j'ai cherché à participer à une des nombreuses croisières qu'ils organisaient dans le Pacifique central. *Henri Rotschi*, mon directeur à *Nouméa*, a obtenu l'accord de *Joseph Reid* pour que j'embarque sur un navire de la *Scripps*, l' *Alexander Agassiz* (Fig. 11), et que je participe éventuellement à un stage dans les laboratoires de cet institut en *Californie*. En 196, *Joseph Reid* organisait en effet une importante croisière dans le Pacifique central, dont le programme, axé sur l'hydrologie classique, se rapprochait des programmes que nous développons à *Nouméa* dans les zones tropicales et équatoriales. J'avais au départ deux objectifs principaux : observer les méthodes, l'organisation et en gros l' « atmosphère » de travail d'une équipe

américaine, et étudier plus en détail la mise en œuvre et les possibilités réelles des instruments modernes d'observation et d'analyse dont ils disposaient.



Figure 11 : Le navire océanographique américain « Alexander Agassiz »

La croisière STYX - leg 4 (Fig. 12), dirigé par *Jo Reid* s'est déroulé dans la région située au nord-est des îles *Samoa*, entre les latitudes 8° S et 15° S et les longitudes 155° W et 170° W. L'objectif principal de cette croisière s'organisait autour de l'étude de la migration des eaux profondes et de fonds, dans des chenaux du Pacifique central à plus de 4 000 mètres de profondeur¹⁷. Mais cet objectif principal ne mobilisait qu'une partie des moyens et du temps imparti à la croisière, d'autres programmes secondaires étaient possibles ; ainsi l'hydrologie des eaux centrales de surface était aussi étudiée ; de même un programme de courantométrie de surface était exécuté pendant les stations ainsi qu'un programme de géophysique par enregistrement continu. Mais le programme de physique et de chimie occupait environ 80 % des moyens en temps et en

¹⁷ Pourquoi ces eaux très froides (inférieures à 0° C) et cheminant très lentement (quelques mètres par jours), près du fond sont-elles importantes ? Ces eaux froides et denses plongent par gravité dans les profondeurs autour du continent antarctique et prennent la direction du nord vers les zones équatoriales pour compenser, en masse et en chaleur, les eaux chauffées par le rayonnement solaire à l'équateur qui se dirigent symétriquement vers les latitudes tempérées et polaires du nord et du sud générant les climats plus tempérés que l'on connaît à ces latitudes. Ces eaux profondes froides sont le circuit de retour du chauffage central océanique dont la chaudière est à l'équateur.

hommes. Il comportait des mesures de température, salinité, courants de surface, teneur en oxygène, nitrates, nitrites, phosphates, silicates. Les observations étaient réalisées avec une très grande précision ; ainsi pour les températures des eaux très profondes situées à plus de 4 000 mètres et inférieures à 2° C, la température enregistrée par les thermomètres remontés du fond était lue au millième de degré par deux lecteurs différents. Cette double lecture permettait d'obtenir une précision, estimée entre 2 et 3 millièmes de degré, indispensable pour l'étude détaillée de la migration de ces eaux profondes dont les caractéristiques sont très homogènes.

Concrètement la croisière s'est déroulée du 17 juin au 22 juillet 1968. J'ai embarqué à *Pago Pago* la capitale du territoire des *Samoa Américaines* et j'ai débarqué à *Apia* capitale de l'état indépendant des *Samoa Occidentales*¹⁸ où j'ai dû rester une semaine en touriste forcé, avant de trouver un avion pour *Nouméa*. J'ai ainsi pu profiter des charmes des îles *Samoa* qui sont véritablement le cœur de la *Polynésie*. J'ai eu l'occasion, plus tard, de revenir plusieurs fois à *Apia*, mais cette première évasion samoane était la bienvenue après un mois difficile passé à bord de l'*Alexander Agassiz*, au confort rudimentaire et sur lequel j'étais isolé, parlant à peine anglais, immergé brutalement dans un monde professionnel américains plus rude que celui que j'avais pu connaître sur les navires de recherche français. Néanmoins j'ai beaucoup appris professionnellement et j'ai été très occupé alors que les événements de « mai 68 » agitaient encore la *France* comme je le découvris en feuilletant la couverture d'un magazine entrevu dans une boutique d'*Apia*, avec un titre inquiétant en lettres géantes, *Riotts in Paris*, accompagnant une photo de guérilla urbaine sur le boulevard *Saint Michel*. Pendant presque deux mois j'avais été coupé du monde, parti de *Nouméa* fin mai avant que l'écho de ces troubles ait atteint la *Nouvelle Calédonie* et je n'avais eu aucune information sur ces événements que je découvrais subitement, par hasard, dans ce coin reculé de l'océan Pacifique, un autre monde sur une autre planète : La face océane cachée de la Terre ignorant l'agitation de son homologue nordique ! Voilà pourquoi je suis probablement un des rares français à avoir ignoré « Mai 68 » lorsque ces événements se sont déroulés.

¹⁸ Les *Samoa Occidentales* venaient d'obtenir leur indépendance depuis 1962. Précédemment ces îles avaient connues une courte colonisation (tutelle) allemande à partir de 1899 ; elle fut suivie d'un « mandat » d'assistance Néozélandais à partir de 1914.

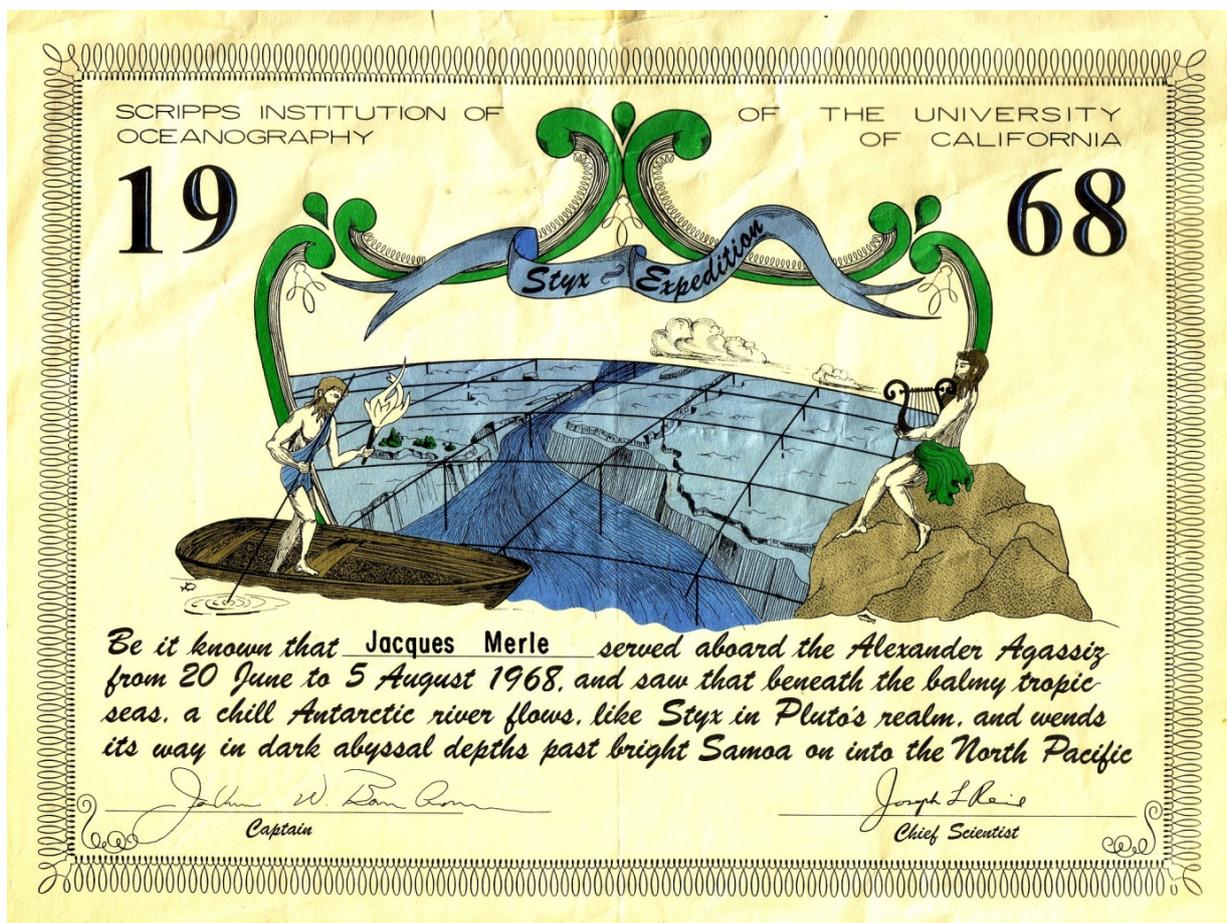


Figure 12 : Attestation de services à bord de l' « Alexander Agassiz » pour la croisière américaine STYX

Ma vie à Nouméa

La vie quotidienne à Nouméa aurait pu apparaître colorée par les charmes habituels des tropiques : lagons, cocotiers, ciel bleu ; en fait, elle était monotone et teintée d'une certaine mélancolie habituelle à ces pays proches de l'équateur où les saisons n'existent pas et dont j'avais déjà trouvé l'écho dans les « tristes tropiques » de Lévi-Strauss. Aussi ce sont surtout les événements rompant cette langueur tropicale qui restent dans ma mémoire. Ils tournent autour de deux activités principales : la plongée sous-marine et la voile. Lors de ma première campagne sur le « Coriolis » moins d'une semaine après mon arrivée à Nouméa

en octobre 1966 j'ai rencontré à bord *Henri Goiran* dit « *Riquet* », technicien océanographe, ancien plongeur de la première équipe de *Cousteau*, brevet de moniteur national de plongée numéro 4. J'ai eu l'audace imprudente d'exhiber devant lui mon diplôme tout neuf de plongeur de bord de la Marine Nationale acquis à l'école des nageurs de *Saint-Mandrier* quelques semaines auparavant et de lui proposer mes services. Il me prit au mot et m'invita à rejoindre le club de plongée de *Nouméa*. La plongée allait devenir un de mes dérivatifs préférés.

J'ai rapidement intégré le club nautique calédonien et sa section plongée. À cette époque nous étions seulement une dizaine de plongeurs réguliers utilisant une « barcasse » de moins de 10 mètres pour nous amener, avec notre matériel, sur le tombant extérieur du récif dans des conditions de sécurité très sommaires : nous possédions seulement, outre le bateau, un compresseur poussif avec quelques bouteilles, mais surtout nous ne possédions pas de caisson de décompression, ce qui était une situation particulièrement dangereuse défiant les règles de sécurité de la plongée en bouteilles. Nous nous rassurions cependant en entretenant la rumeur d'un hypothétique caisson en état de marche dans les locaux de la Marine Nationale. Le plus assidu et le leader de ces sorties de plongées du week-end était un médecin, le docteur *Yves Merlet* président de la section plongée. Sa qualité de médecin était faussement rassurante car il méconnaissait, ou refusait de prendre en considération, les plus élémentaires règles de sécurité de la plongée. Un dimanche, je devais l'accompagner pour une sortie sur le récif au sud de *Nouméa*. Je ne sais pour quelle raison, au dernier moment je lui fis faux bond et il partit seul, plongea pendant plusieurs heures probablement au-delà des limites supportables par un plongeur même très expérimenté et ... ne remonta pas ! Une stèle sous-marine honore sa mémoire sur le tombant du récif. Cet accident me culpabilisa ; si j'avais été présent avec lui ce jour là comme convenu j'aurais pu, peut-être, l'aider, mais j'aurais pu aussi rester moi-même au fond comme lui. Ce fut une des circonstances où la mort me frôla d'assez près au cours de ce séjour dans le Pacifique ; mais il y en eut d'autres¹⁹. Cet événement tragique nous obligea à restructurer la section de

¹⁹ Au cours de la campagne « Diadème » en octobre 1967 nous fîmes une escale dans les *Marquises* et nous allâmes plonger en apnée au large d'une petite île qui était peut-être *Eiao*, l'île de *George De Caune*. L'eau était d'une transparence étonnante, on voyait clairement le fond qui paraissait à portée de nos palmes. Je piquais une tête et descendis espérant rapidement toucher le fond. Mais celui-ci se déroba à mesure que je descendais. La pression de l'oxygène dans mes poumons me donnait l'illusion que j'avais de la marge pour la durée de mon apnée. Malgré tout, saisi d'une crainte soudaine, je fis demi-tour sans avoir touché le fond. Bien m'en prit car en fait j'avais épuisé la réserve d'oxygène contenue dans mes poumons ; j'eus ce qu'on appelle le « voile rouge » et, après un battement frénétique de mes jambes, je perdis connaissance à environ une dizaine de mètres sous la surface. C'était la noyade assurée si *Riquet Goiran*, fort de son incomparable expérience de la plongée chez

plongée du club nautique, et avec *Riquet Goiran* comme président, nous nous imposâmes des règles de sécurité dont la plus élémentaire était de ne jamais plonger seul et d'être au moins trois pour une plongée avec l'un des trois en surveillance à la surface.

Je dérogeai en partie à cette règle en acceptant un dimanche de sortir avec un jeune et dynamique lecteur de français en poste à l'université de *Sydney* qui, en congé à *Nouméa* pour quelques jours, voulait absolument voir le récif pour y découvrir les merveilles sous-marines dont on lui avait tant parlé. J'acceptai de prendre en charge la conduite de la barcasse du club pour nous emmener au-delà de la dizaine de milles qui séparait *Nouméa* du récif. Nous partîmes donc à deux seulement, avec plusieurs bouteilles d'air comprimé en réserve car nous n'avions pas de compresseur à bord. Heureusement il faisait beau, et nous découvrîmes ensemble sans problème les merveilles du tombant extérieur du récif du sud de *Nouméa*, toujours à la limite de la sécurité la plus élémentaire. Je remarquai cependant le dynamisme et l'enthousiasme de ce jeune Français qui plongea toute la journée sans relâche et épuisa les réserves en bouteilles d'air comprimé que nous avions emporté ; C'est seulement au retour que je lui demandais son nom : il s'appelait *Alain Colas*²⁰ !

Avant de devenir un « people » de la voile, *Alain Colas*, après sa découverte du récif calédonien, revint à *Nouméa* dans les bagages d'une fameuse équipe de navigateurs autour d'*Eric Tabarly* et de son « *Pen Duik III* ». *Tabarly*, déjà très connu après sa victoire dans « la transat » en solitaire et son équipage qui comptait de futures célébrités comme *Olivier De Kersauzon* et autres *Gérard Petitpas* était venu dans le Pacifique pour disputer une célèbre course-croisière bien connue des Anglo-Saxons : *Sydney-Hobart* en *Tasmanie*, course-croisière qu'il remporta. Après cet exploit, il décida de rejoindre la *Nouvelle Calédonie* et ses parages pour deux à trois semaines de détente avec son équipage. Partant d'*Hobart*, *Tabarly* et ses marins remontèrent à *Sydney* où le bateau devait compléter son équipage pour rejoindre *Nouméa*. *Alain Colas*, qui trainait sur les quais de *Sydney* attiré par les français du « *Pen Duik III* », se proposa et fut accepté par *Eric*

Cousteau et flairant le danger qui pouvait surgir d'une plongée improvisée en apnée par de jeunes océanographes non préparés, n'avait pensé rester en veille à la surface pour éventuellement intervenir. Ce qu'il fit en allant me chercher et en me remontant prestement à la surface. *Riquet Goiran* m'a presque certainement sauvé la vie.

²⁰ Faut-il préciser qui était *Alain Colas* ? Il devint un célèbre navigateur solitaire sur son navire fétiche, le « *Manureva* », et disparut avec lui en 1978 dans l'Atlantique nord au cours de la première « Route du rhum ».

Tabarly pour embarquer pour *Nouméa*. On raconte que, n'étant pas encore un vrai navigateur, il fut relégué à la plonge et à la cuisine sur le bateau. C'est ainsi, dit on, qu'il débuta sa carrière de navigateur et s'initia à la voile !

Eric Tabarly et une partie de son équipe, dont le plus agité était certainement *Olivier De Kersauzon*, étaient accueilli par l'ORSTOM dans les logements du centre ; on les voyait donc quotidiennement, surtout *De Kersauzon*, déjà « maître-ès-provocation », qui parcourait nos laboratoires de chercheurs studieux penchés sur nos calculs en nous invectivant, avant que l'on se retrouve le soir dans la boîte voisine la plus célèbre de *Nouméa*, le « Santa Monica ». Le « Santa Monica », quels souvenirs ! Je revois *Eric Tabarly* toujours un peu bourru et timide dans un coin mais cependant déjà bien entouré par d'agréables jeunes personnes dont l'une deviendra son épouse !

Mais d'autres aventures guettaient l'équipage du « Pen Duik III » autour de la *Nouvelle Calédonie*. L'une de celles-ci faillit se terminer par un naufrage ; le bateau, chargé de jolies filles avec un équipage réduit et fatalement distrait par ses passagères, revenait des *îles Loyauté* en route vers *Nouméa*, ce qui représentait une traversée banale de quelques dizaine de milles seulement. Mais il fut pris dans la queue d'un cyclone qui passait par là et par manque de visibilité et de connaissance de la géographie du récif, de ses passes et de ses cailloux qui parsèment le lagon, « Pen Duik » manqua de peu de toucher Terre involontairement sur le récif de *Magenta* à l'est de *Nouméa* ! On eut très peur à *Nouméa*, un tel événement aurait certainement eu des conséquences fâcheuses sur la suite des carrières de navigateur de *Tabarly* et de *De Kersauzon* !

Enfin pour terminer, toujours au chapitre de la voile, mes aventures personnelles sont beaucoup moins glorieuses. J'avais acheté un « Corsaire », voilier de 5 mètres de long et deux couchettes (Fig.13), très répandu à l'époque, avec lequel j'ai parcouru le lagon jusqu'à *l'île des pins* ; je suis même allé à l'extérieur du récif en course-croisière, mais mon bateau sombra au cours d'un fameux cyclone qui dévasta *Nouméa* en décembre 1968. Je le reconstruisis tant bien que mal, mais, alourdi, il devint inapte à la course-croisière même dans le lagon. Ma carrière de navigateur n'alla pas plus loin !

Le retour

En octobre 1969, j'arrivai à la fin de mon séjour de 3 ans au centre ORSTOM de *Nouméa* ; séjour que j'avais cependant interrompu brièvement au mois d'octobre 1968 par un retour impromptu d'un mois en *France* pour des raisons familiales et aussi professionnelles : je désirais rencontrer la direction à *Paris* pour discuter de mon avenir. Mais c'était aussi, et peut-être inconsciemment surtout, pour briser la sensation d'enfermement que j'éprouvais et que connaissent bien tous ceux qui ont vécu un séjour prolongé sur une île. Presque tous les îliens débutants ont fait l'expérience de ces sentiments. J'avais besoin de revoir un vrai village et son château en ruine perché sur un rocher ou



Figure 13 : Mon bateau à Nouméa

comme le mien, niché au fond d'une vallée près d'une rivière, une vraie ville avec ses trottoirs luisants de pluie, un vrai début d'hiver avec ses gelées matinales, ses brouillards et ses giboulées. Bref ! J'étais atteint par le syndrome classique du « zoreille », comme les néo-calédoniens, ou les « caldoches », désignent les métropolitains fraîchement arrivés sur le « caillou »²¹, et encore

²¹ L'expression : « Le caillou », désigne la Grand Terre de Nouvelle Calédonie

mal acclimatés. Après avoir découvert des archipels lointains et passé deux années sur cette petite île de *Nouvelle Calédonie* pourtant accueillante avec son lagon, ses montagnes, et pas si petite que ça avec ses 400 kms de long et 50 kms de large, mais que l'on voit à peine sur un atlas du monde, j'avais besoin de retrouver mes racines et les paysages familiers de mon enfance. J'imaginai l'immense mélancolie qu'avaient pu ressentir les communards, comme *Louise Michel*, et tous les bagnards²² qui suivirent, politiques ou de droit commun, qui, au XIX^{ème} siècle, étaient exilés à vie sur cette bande de terre devenue prison, sans aucun espoir de retour.

Revenu de mon escapade métropolitaine, je passai ma dernière année à travailler sur les données recueillies au cours des croisières qui s'étaient succédé à un rythme intense au cours de ces deux premières années. J'avais fait beaucoup de mer : 4 croisières *Cyclone* sur les 7 réalisées et quelques autres. Après ces activités plutôt physiques, était venu le temps de la mise en forme et de l'interprétation des données ainsi que la réflexion intellectuelle pour élaborer et exprimer un résultat scientifique. Ce travail de longue haleine, parfois fastidieux au regard des moyens de calcul rudimentaires, pour ne pas dire inexistant, dont on disposait à cette époque, si on les compare aux ordinateurs actuels, a pris beaucoup de temps. Mais il a abouti à des résultats qui ont fait l'objet de publications en anglais dans de vrais journaux scientifiques à comité de lecture c'est-à-dire, revus, corrigés et acceptés par des lecteurs scientifiquement compétents du domaine : les fameux « pairs » dans le jargon du métier de chercheur. Ces *reviewers*, en anglais, sont capables de juger de la pertinence et de la qualité des résultats présentés. Je rappellerai ici (Document 7) la publication principale que j'ai réalisée avec mes deux collègues, *Bruno Voituriez* et *Philippe Hisard*, restés depuis mes amis en souvenir du temps passé là-bas (Fig. 14), exprimant un résultat qui a retenu un moment l'attention de la communauté scientifique internationale ; à savoir, que la circulation zonale (est-ouest) équatoriale dans l'ouest pacifique, avec ses courants, sous-courants, et contre-courants était très variable et étroitement dépendante du vent. A quoi on peut ajouter que le vent et la température de surface de l'océan étaient intimement liés à l'échelle de l'ensemble du bassin équatorial. Ces résultats, avec les données d'observation qui permettaient de les établir, ont contribué à la formulation des premières théories d'El Niño que des collègues américains, déjà

²² La Nouvelle Calédonie a été pendant de longues années un bagne qui a notamment accueilli les insurgés de la commune après 1870.

cités, notamment *George Philander* (1973) et *Klaus Wyrski* (1975) et d'autres, ont élaborées ultérieurement.

Je suis rentré de *Nouvelle-Calédonie* en novembre 1969 pour 6 mois de congé ; c'était le tarif ! Mais, ne sachant trop que faire, l'attrait des mathématiques me reprit. Je m'inscrivis à l'université de Paris, qui était devenue Paris VI, à un certificat de mécanique des milieux continus. C'était en fait les équations de Navier-Stokes qui refaisaient surface. Je sus enfin d'où sortaient ces fameuses équations et compris même comment on les établissait à partir de ce qui était appelé le principe fondamental de la dynamique, ou la deuxième loi



Figure 14 :
leur Corsaire

de *Newton* et une loi de comportement du milieu fluide. J'ai appris à cette occasion que ces équations étaient très célèbres au sein de la communauté des mathématiciens²³. Je ne suis cependant pas allé jusqu'à l'examen, car mon congé

²³ Plus tard j'ai fait partie du jury de soutenance de thèse d'une mathématicienne de l'Université de *Rennes* qui, dans son travail, développait des applications océanographiques – c'était la seule raison de ma présence dans ce jury – Il se trouva que je fis le voyage en train de *Paris* à *Rennes* avec le président du jury, le professeur *Roger Temam*, mathématicien très connu. J'esquissais un début de conversation sur ces fameuses équations de *Navier-Stokes* dont il était un spécialiste. *Temam* m'écouta gentiment un moment en échangeant quelques mots, puis

avait pris fin ; on m'attendait à *Pointe-Noire*, au *Congo*, pour une obscure étude du comportement d'une sardinelle en relation avec son environnement marin. J'ai essayé de reculer l'échéance de cette affectation peu glorieuse, en vain. Les sardines, comme dans une célèbre parodie d'un documentaire ennuyeux, m'attendaient ! Mais tout ne fut pas si noir à *Pointe-Noire*, si j'ose dire, comme on pourra en juger par ce qui suit.

rapidement se réfugia dans son monde et, sortant un papier et un crayon de sa poche, me fit comprendre qu'il avait mieux à faire, griffonnant des formules mathématiques tout le long du voyage, l'esprit ailleurs. Ce jour là je compris mieux ce qu'était un vrai mathématicien.

*The Equatorial Undercurrent at 170° E in March
and April 1967¹*

Philippe Hisard, Jacques Merle,
and Bruno Voituriez

*Centre O.R.S.T.O.M.
B.P. 4
Noumea, New Caledonia*

ABSTRACT

In 1967 the R. V. CORIOLIS undertook five cruises along the 170°E meridian in order to investigate the relationships between the sea-surface conditions and the occurrence of the Equatorial Undercurrent; this paper deals primarily with the March and April cruises. The Equatorial Undercurrent was observed as a double-cell structure. The upper Undercurrent (V max.: 40 cm/sec at 120 m) was located in the homogeneous surface layer above the top of the thermocline, embedded in the Equatorial Current; its flow was not in geostrophic balance and it disappeared when the surface equatorial flow became eastward. The lower Undercurrent (V max.: 50 cm/sec at 220 m) was located in the discontinuity layer, under the thermocline top; it was connected to the North Equatorial Countercurrent by a continuous layer of eastward flow. Its flow, in geostrophic balance, appears to be a permanent structure, independent of changes in the upper layer. The upper Undercurrent agrees very well with most of the theoretical models (Fofonoff and Montgomery 1955, Stommel 1960, Charney 1960). Its area of formation is probably around the 160°E meridian at the very limit of permanent trade winds throughout the year. The lower Undercurrent belongs to the equatorial countercurrent system, which originates north of New Guinea.

1. Accepted for publication and submitted to press 12 March 1970.

281

REPRINT FROM JOURNAL OF MARINE RESEARCH, VOLUME 28, 3, 1970

DOCUMENT 8 : Article dans « *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography* » rapportant des observations de contre-courants tropicaux dans le Pacifique Sud-ouest

Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography,
Special Number (Prof. Uda's Commemorative Papers), 1969

**Zonal Circulation in the Tropical Western
South Pacific at 170°E***

Jacques MERLE,** Henri ROTSCHI** and
Bruno VOITURIEZ**

Abstract: Recent work made in the Tropical Western South Pacific along 170°E indicates that between 20°S and 5°S there are two permanent eastward countercurrents. One centered at about 9°S is the South Equatorial Countercurrent; it transports low salinity water which has also a minimum oxygen concentration and is nutrient rich. The other is centered near 17°30'S; its water has a low salinity but a high content in oxygen and low nutrient concentrations. The westward flow between them is composed of high salinity, highly oxygenated water. No seasonal variations of the intensity of the meridional extension, of the volume transport of these currents have been observed and it appears clearly that the South Equatorial Countercurrent is distinct from the current observed on the 125 cl/t surface. This zonal circulation can induce vertical displacements of water, the effect of which are seen on the nutrients vertical distributions. Between 9°S and 14°S and near 20°S there should be two zones where the productivity is more or less permanently higher than in the adjacent waters.

1. Introduction

In a recent review of the equatorial circulation of the South Pacific Ocean, TSUCHIYA (1968) has pointed out what he considered to be the main problems still to be solved concerning the zonal fluxes south of the equator. For him the actual knowledges suggest the existence of a permanent

South Equatorial Countercurrent.

He questions the zonal continuity of this surface countercurrent through the entire South Pacific since it does not show on certain surface-current charts. Similarly, he raises some doubt as to whether the axis of this current shifts towards the south in the eastern Pacific, as suggested by REID (1959) since it has been observed near 6°S close to 90°W.

Until 1968, only a few direct measurements had been made; BURKOV and OVCHINIKOV (1960) have measured, between 5°S and 8°S, at 172°E, a shallow countercurrent (less than 200 m deep) with a velocity core of 10 cm/s at the surface; at 176°W KOSHLIAKOV and NEIMAN (1965) have measured between 9°S and 11°S an eastward current extending to a depth of at least 1 000 m, with a velocity core at the surface of 20 cm/s. Further, the first authors indicate that the dynamic method leads to a deep eastward current (more than 2 000 m) at 172°E with a velocity core of 40 cm/s at the surface and approximately the same meridional extension; the other two give on the contrary a geostrophic current at 176°W extending from 7°S to at least 13°S and with a velocity core of 10 cm/s, its depth being not greater than 1 000 m. All the other indirect evidences of the South Equatorial current lead to a maximum speed of about 10 cm/s (TSUCHIYA 1968).

According to TSUCHIYA (1968) there are indications that the two eastward geostrophic currents observed at the surface and on the 125 cl/t isanosteric surface (REID 1961; WOOSTER 1961) can be sometimes distinct from each other and he points out finally that besides this particular aspect of

* Received January 5, 1969.

** Centre O.R.S.T.O.M., Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

CHAPITRE III

De l'océanographie côtière au « climat de l'océan »

La description de l'environnement physique des espèces marines exploitables restait pour beaucoup d'océanographes des années 1960-70 la justification principale de l'océanographie physique et expliquait le peu de moyens alloués à cette sous-discipline des sciences de la mer. Cette observation du milieu physique marin entourant les espèces vivantes était le niveau zéro de l'écologie, cette science qui avait pour objet d'étudier et de comprendre l'interaction de l'ensemble des biotopes d'une région avec leur environnement. En océanographie on se contentait de décrire cet environnement marin sans espérer mettre en évidence des relations entre ce milieu et le comportement des espèces vivantes étudiées. Les raisons de cette défaillance tenaient à deux facteurs ; d'une part les données d'observation du comportement du milieu vivant étaient rares et difficiles à numériser ; d'autre part on ne possédait pas encore les outils théoriques et mathématiques nécessaires au traitement de telles données. Ces calculs étaient d'ailleurs presque impossibles à cette époque car les instruments du calcul électronique, les ordinateurs, n'étaient pas encore arrivés dans les laboratoires.

Les objectifs qui m'étaient assignés par l'affectation imposée que je subissais sur les côtes de la *République Populaire du Congo* découlaient de cette logique de l'état des connaissances. Je devais donc me contenter de décrire le mieux possible le milieu physique océanique du plateau continental de la côte ouest africaine qui entourait une espèce pélagique exploitable (Sardinelles). Pour cela je devais m'aider des observations existantes récoltées par mes prédécesseurs, ou tenter de réaliser moi-même de nouvelles observations avec

les navires dont je pouvais disposer. Dans un premier temps je me suis donc astreint, avec un papier et un crayon, voire une règle à calcul, à l'exploitation scientifique des données existantes décrivant le milieu physique océanique entourant l'espèce de sardine (*Sardinella Aurita*) qui étaient en cause. Certaines de ces données résultaient de contrats passés entre l'ORSTOM et une agence des Nations Unies, la FAO (*Food and Agricultural Organization*) à laquelle il fallait rendre des comptes. En effet la FAO avait fait don à la France et à la République Populaire du Congo d'un navire qui fut baptisé « André Nizery » (Fig. 15) en souvenir de l'un des premiers dirigeants de l'ORSTOM ; ce navire était destiné à l'observation et à l'étude des ressources marines côtières du Congo et du Gabon. Il était donc indispensable de tirer le meilleur parti possible des observations antérieures à mon arrivée réalisées avec ces moyens et d'en rendre compte.



Figure 15 : Le navire océanographique « André Nizery »

Je me suis orienté ensuite vers des projets relevant plus spécifiquement de l'océanographie physique hauturière et nécessitant la récolte de données nouvelles pour des d'objectifs qui dépassaient le cadre strictement côtier des ressources vivantes et intéressaient l'ensemble du *Golfe de Guinée*. Parmi ces

nouveaux objectifs plus ambitieux, le « climat de l'océan » faisait son apparition à la suite des travaux d'un océanographe pionnier de l'ORSTOM, *Georges-Roger Berrit*, en poste sur la côte africaine depuis les années 1950, dont on reparlera plus en détail plus loin.

Mais je n'étais pas le seul océanographe physicien affecté sur la côte africaine. Le centre océanographique de *Pointe Noire* n'était qu'un des trois centres africains entretenus par l'ORSTOM. Il y avait aussi, à *Dakar* au *Sénégal*, le CRODT (*Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroy*) et, à *Abidjan* en *Côte d'Ivoire* le CRO (*Centre de Recherche Océanographique*). Ces trois centres représentaient une force de près d'une centaine d'océanographes, chercheurs, ingénieurs, techniciens et marins couvrant les deux disciplines maitresses de l'océanographie, la biologie/halieuque et la physique. C'est ce potentiel humain, ainsi que des enjeux politiques et scientifiques, qui amèneront nos autorités de tutelle, comme pour le Pacifique avec le « Coriolis », à nous octroyer un vrai navire océanographique tout neuf, le « Capricorne » (Fig. 16). Ce navire, long de 46 mètres et bien équipé arriva à *Abidjan* au début de 1971 et contribua considérablement à relancer et réorienter la recherche océanographique dans cette région. Une « base Capricorne »²⁴ fut installée à *Abidjan* autour d'une équipe d'océanographes physiciens d'une quinzaine de chercheurs et ingénieurs qui allaient être les principaux utilisateurs de ce navire. Des instruments nouveaux et modernes leurs furent alloués : Bathysonde²⁵ et ordinateur exigeaient de longs travaux de mise au point car on était au tout début de l'utilisation de ces technologies d'avant-garde. C'était particulièrement le cas pour les ordinateurs dont l'arrivée dans les laboratoires de recherche faisait l'effet d'une révolution à laquelle il fallait s'adapter rapidement notamment pour traiter les observations. Bien que toujours basé à *Pointe Noire*, j'ai participé activement à la programmation des activités de ce navire « Capricorne » et fus même chargé d'organiser sa première campagne sur le *dôme d'Angola* évoquée plus en détail plus loin.

Nous avons donc à notre disposition deux navires de recherche, l'« André Nizery » plus particulièrement adapté aux observations côtières et le « Capricorne » susceptible de traverser l'Atlantique pour des programmes de

²⁴ Les deux principaux animateurs des débuts de la « Base Capricorne » à *Abidjan* furent *Jacques Noel* et *Bruno Voituriez*

²⁵ Une « Bathysonde » est un instrument permettant de réaliser automatiquement en profondeur des mesures de température, salinité et teneur en oxygène transmises électroniquement en temps réel par le câble porteur.

physique hauturière. Une telle situation était favorable à l'émergence d'une équipe de recherche de premier plan pour étudier l'Atlantique tropical oriental, une région symétrique de celle du Pacifique oriental affectée par le phénomène El Niño qui commençait à faire la une des media et posait déjà la question du climat. L'étude comparée des deux régions, atlantique et pacifique, ouvrait des perspectives de recherches intéressantes. Les navires et les équipements modernes dont nous disposons maintenant dans l'océan Atlantique nous invitaient à étendre nos ambitions et à repenser notre stratégie et nos programmes de recherche.



Figure 16 : Le navire océanographique « Capricorne »

C'est ainsi que la finalité climatique, ouverte par *Berrit*, prenait discrètement une place de plus en plus importante parmi nos objectifs, d'autant que le climat de l'océan, ou sa variabilité à long terme, rejoignait les préoccupations des halieutes qui cherchaient à élucider le rôle de la variabilité du milieu physique sur le recrutement des larves susceptibles de renouveler les stocks exploitables.

Au cours de cette affectation à *Pointe Noire* j'ai donc orienté mes activités sur trois fronts principaux étalés dans le temps :

(i) Au début, en 1970, je me suis consacré à l'exploitation des données antérieures, notamment celles recueillies dans le cadre de la convention avec la FAO, pour l'évaluation des ressources vivantes côtières du *Gabon* et du *Congo*.

(ii) Puis, lorsque le « Capricorne » fut affecté à *Abidjan* au début de 1971, j'ai proposé l'exploration des structures océaniques du large dans le *Golfe de Guinée* : Fronts, upwelling, divergences et dômes, favorables à un enrichissement biologique.

(iii) Enfin, toujours en 1971, j'ai initié l'étude de l'ensemble des données historiques de l'Atlantique tropical pour rattacher les observations côtières aux conditions océaniques du large et mieux comprendre les phénomènes qui affectaient les côtes africaines. Ce projet se situait dans la perspective d'une affectation prochaine au *Bureau National des Données Océaniques (BNDO)* dépendant du CNEXO à *Brest*. Les ordinateurs, qui venaient d'arriver dans ce tout nouveau centre océanographique français, ouvraient des perspectives nouvelles pour exploiter les observations accumulées au fil du temps et maintenant stockées sous forme numérique dans des banques de données. Ce travail allait donner sens à l'étude du « climat de l'océan » en permettant de traiter scientifiquement pour la première fois l'ensemble de toutes les observations récoltées, anciennes ou actuelles, dans la région.

L'exploitation des observations côtières du *Golfe de Guinée*

Trois catégories d'observations étaient stockées dans les tiroirs des bureaux des centres de *Pointe Noire*, *Dakar* et *Abidjan* ;

(i) Des radiales hydrologiques sur le plateau continental jusqu'au talus tout le long de la côte depuis le nord de *Dakar* jusqu'au sud de *Pointe Noire*. Ces observations avaient été réalisées grâce à l'apport des navires locaux, dont l'« *Ombango* » et la « *Reine Pokou* », mis à la disposition des océanographes de ces centres africains depuis des décennies.

(ii) Des stations d'observations côtières en de nombreux points de la côte africaine, certaines maintenues depuis plusieurs décennies et donc d'une valeur certaine, on le verra plus loin, pour l'étude du climat.

(iii) Des observations de surface de température et de salinité par des réseaux de navires marchands traversant le *Golfe de Guinée*, mis en place par *Georges-Roger Berrit*. Collationnées et exploitées par ses soins, ces

observations lui permirent de mettre en évidence les « hydroclimats » du *Golfe de Guinée* dont on reparlera plus loin.

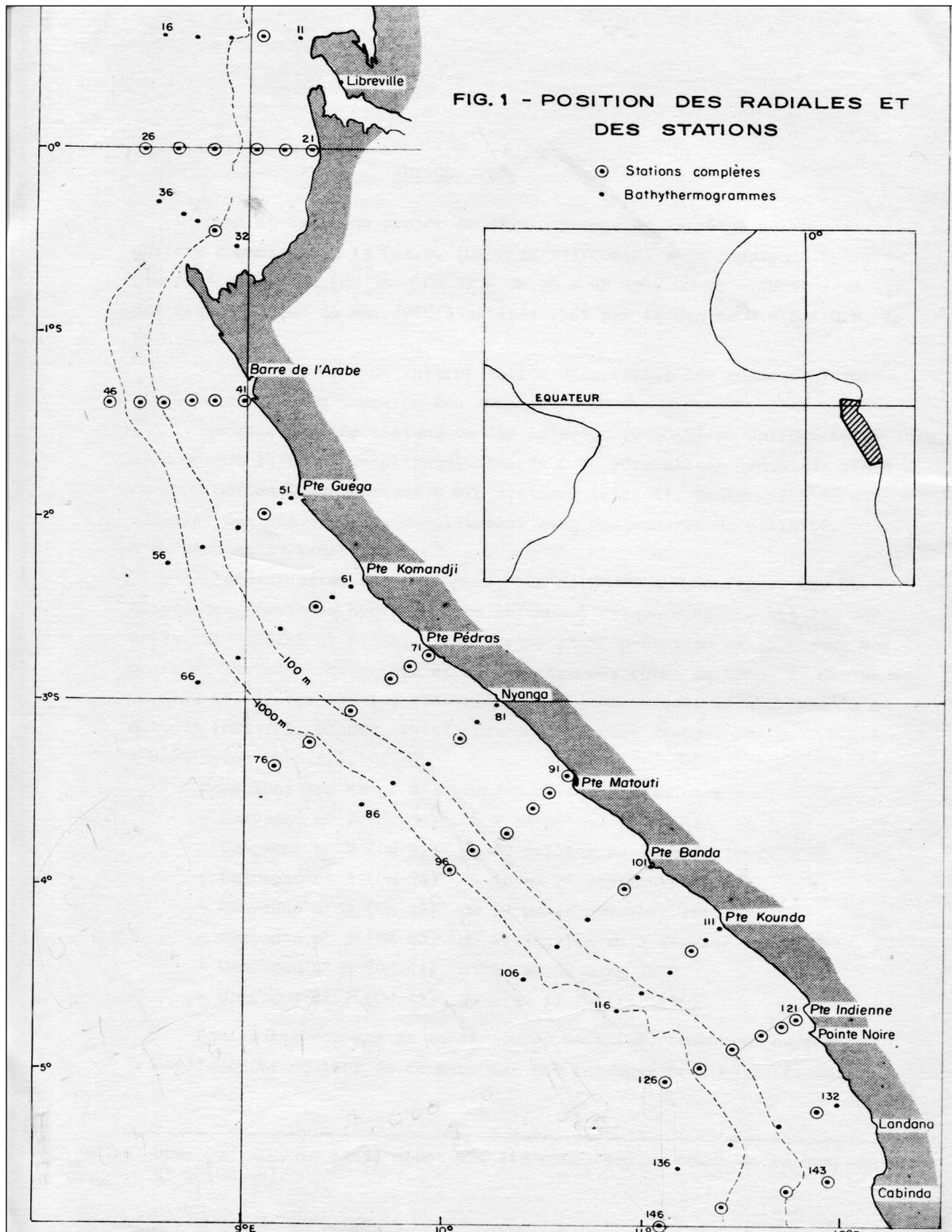


Figure 17 : Position des radiales le long de la côte Gabon-Congo

Ainsi le climat apparaissait déjà en toile de fond dans le traitement des observations passées sans pour autant être un objectif affiché ; mais ces observations répétées dans la durée, réalisées par un personnel scientifique établi sur place de façon permanente depuis de nombreuses années, incitaient à s'interroger sur la variabilité à long terme, principalement saisonnière et interannuelle, des conditions océaniques entourant ces régions et donc de leur climat. Plusieurs travaux furent entrepris

En premier il fallait exploiter les radiales saisonnières de la marge continentale du *Gabon* et du *Congo* pour lesquels l'ORSTOM avait obtenu de la FAO des financements et un navire pour un projet de développement de la pêche pélagique côtière. Sept campagnes comportant des mesures d'hydrologie (température, salinité, teneur en oxygène) avaient été réalisées avec le navire « Ombango » entre mai 1968 et juillet 1969 dans les eaux côtières du *Gabon* et du *Congo* (Fig. 17).

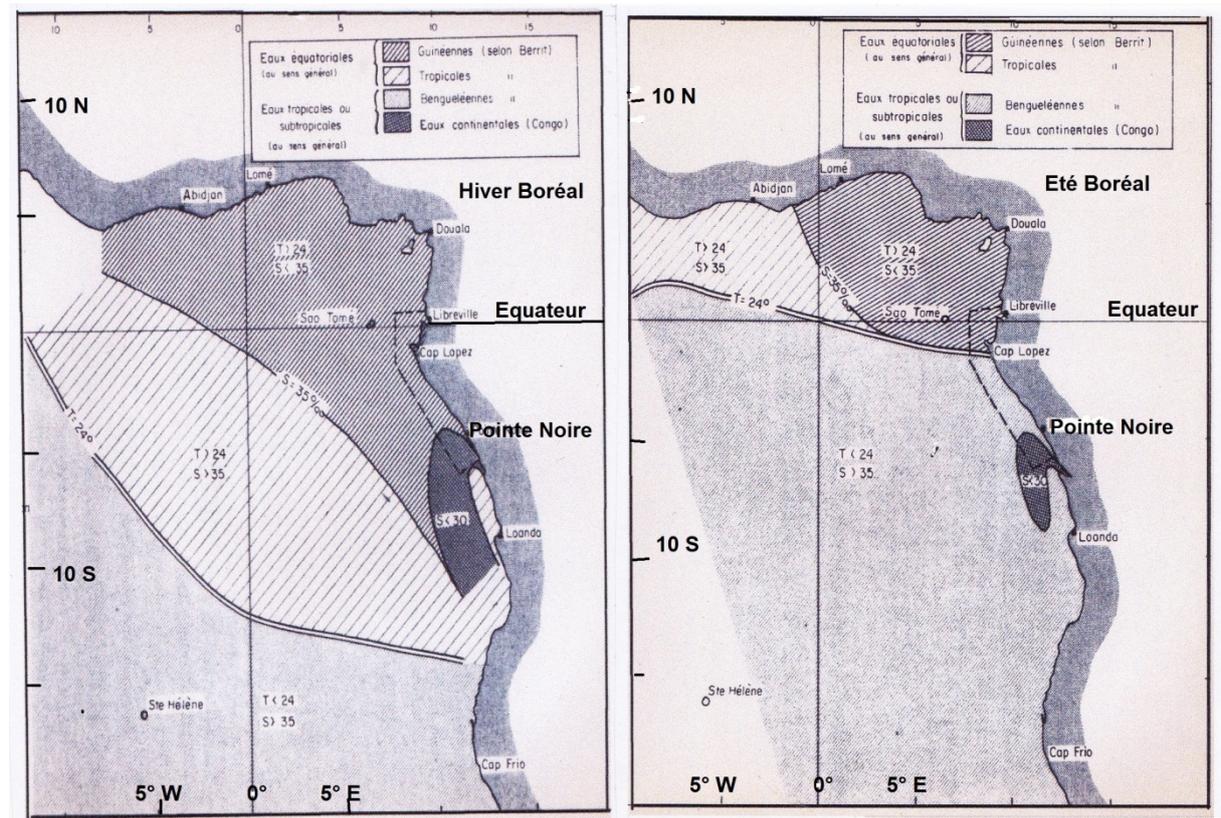


Figure 18 : Les eaux de surface du *Golfe de Guinée* en hiver et en été d'après *Berrit*

La région étudiée, bien que voisine de l'équateur géographique, est située dans une zone d'alternance saisonnière très marquée. La température principalement, mais aussi la salinité, des eaux superficielles traduisent, jusqu'à une profondeur pouvant dépasser 100 m, l'influence du passage des saisons. En hiver boréal une couche d'eau chaude dessalée et claire recouvre l'ensemble de la région uniformisant ses caractères (Fig. 18). En été boréal, au contraire, une zone d'upwellings (remontée d'eaux froides) côtiers se prolongeant par une aire de divergences individualise des eaux plus froides et plus riches biologiquement. Ces observations ont fait l'objet d'un document rendant compte des résultats du contrat passé entre la FAO, l'ORSTOM et la République Populaire du Congo (Document 9). De nombreuses autres radiales avaient été réalisées antérieurement depuis le nord de *Dakar* jusqu'au sud de *Pointe Noire*. Le plus souvent elles étaient initiées par les biologistes qui occupaient ces centres depuis les années 1950. Elles permettaient d'étendre au large les variations saisonnières enregistrées dans les observations ponctuelles des stations côtières.

Après l'exploitation des radiales saisonnières il fallait prendre en compte ces nombreuses stations côtières d'observations fixes, comportant au moins la température et souvent la salinité, établies par l'ORSTOM ou des organismes antérieurs comme le très colonial IFAN (*Institut Français d'Afrique Noire*). Ces stations côtières parsemaient aussi la côte ouest africaine depuis *Dakar* jusqu'au sud de *Pointe noire*. Avant les années 1970, ces observations n'avaient évidemment pas été numérisées, mais elles avaient fait l'objet de traitements manuels partiels. Elles couvraient des périodes variables dont les plus anciennes remontaient aux années 1950. La mise en forme sous des formats informatisés de ces séries temporelles de mesures quotidiennes était indispensable pour tenter d'opérer un traitement plus poussé de cette information. Ces traitements qui commencèrent un peu plus tard (en 1972-73) au BNDO à *Brest*, permirent de mettre en évidence le signal saisonnier et une esquisse de la variabilité interannuelle de la température et de la salinité sur le site de chacune de ces stations.

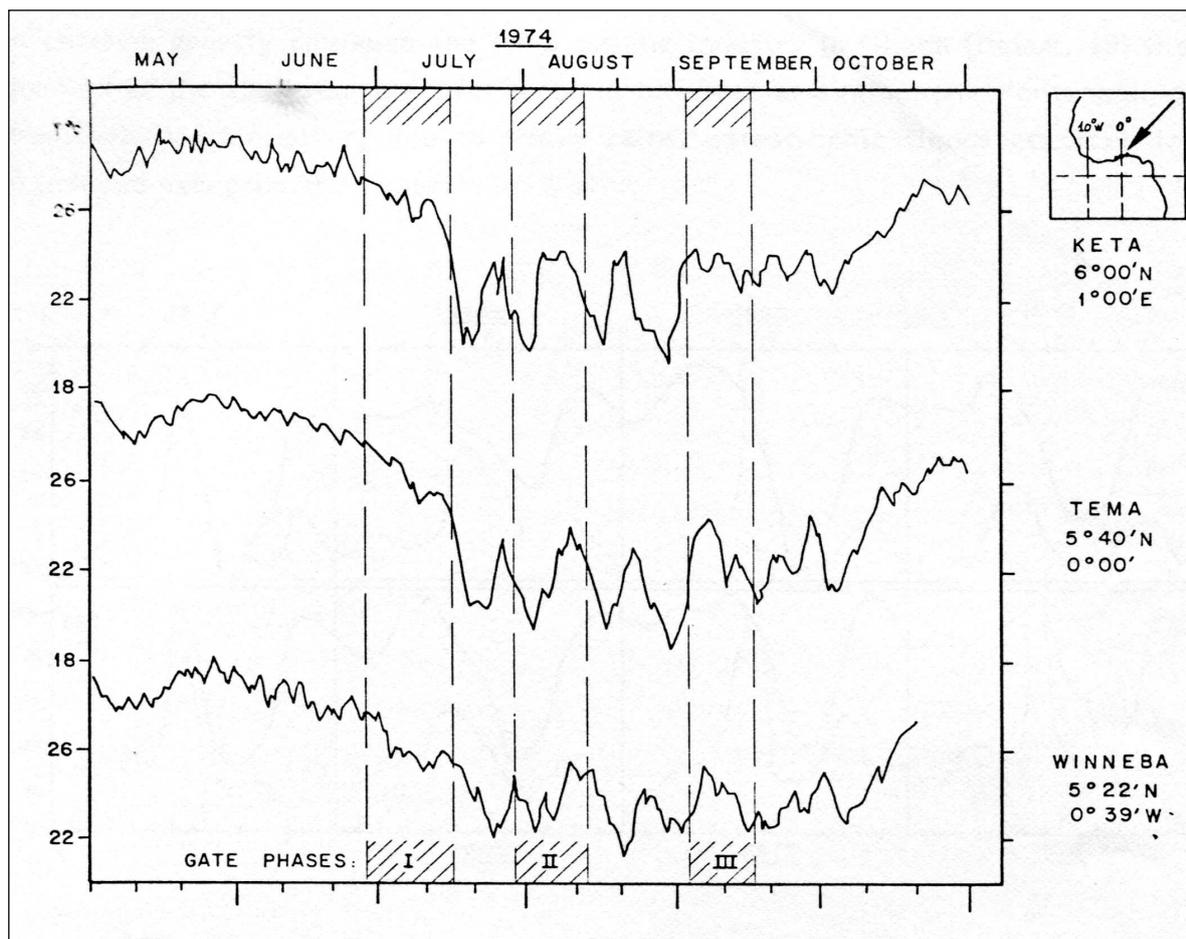


Figure 19 : Évolution de la température de surface en trois stations voisines d'*Abidjan* montrant la variation saisonnière et une propagation d'ondes le long de la côte.

Ce travail d'archivage et de traitement des données des stations côtières fut le prélude à des investigations plus scientifiques associant ces observations côtières à celles obtenues par *Berrit* à l'aide des navires marchands qui traversaient le *Golfe de Guinée*. Au-delà des « saisons marines » de *Berrit* l'objectif était de mettre en évidence des propagations d'ondes, piégées à la côte et à l'équateur, susceptibles de conforter des théories dites de *remote forcing* élaborées par des chercheurs américains dans l'océan pacifique équatorial. Ces recherches tendaient à montrer que le vent, lorsqu'il souffle de façon impulsionnelle sur un bassin tropical, pouvait générer des ondes piégées à l'équateur et se propageant en direction de l'est. Dans l'Atlantique de telles ondes devaient se réfléchir au fond du *Golfe de Guinée* et poursuivirent leur chemin au nord et au sud le long de la côte. Ces propagations pouvaient expliquer des variations de température que les conditions météorologiques

locales n'expliquaient pas. Les stations côtières de la côte nord du *Golfe de Guinée*, au voisinage d'*Abidjan*, montrèrent ces propagations d'ondes (Fig. 19) dont on put mesurer très précisément la vitesse et la longueur d'onde, démontrant ainsi la validité de ces théories sous certaines conditions dont on reparlera plus en détail ultérieurement (Chapitre IV).

L'exploration des structures océaniques productives du Golfe de Guinée

On a vu précédemment (Chapitre II) que la production de matière vivante et donc l'enrichissement biologique de l'océan nécessite que des eaux plus profondes, riches en sels nutritifs (Phosphates, Nitrates ...), atteignent le voisinage de la surface pour être exposées au rayonnement solaire. Comme pour les prairies ou le sommet des forêts soumises aussi au rayonnement solaire il se produit dans l'océan une photosynthèse qui absorbe une partie du gaz carbonique dissout dans l'air en consommant les éléments nutritifs apportés. Les structures océaniques favorables à cette photosynthèse océanique sont donc celles susceptibles de générer des remontées d'eaux plus profondes riches en éléments nutritifs dans ce que l'on appelle la zone euphotique située entre la surface et une trentaine de mètres de profondeur, où le flux radiatif solaire peut pénétrer avant d'être totalement absorbé.

Le *Golfe de Guinée* est encadré par des côtes de direction méridienne nord-sud (Le long du *Gabon* et du *Congo*) et de direction zonale est-ouest (Parallèle à l'équateur au voisinage de la *Côte d'Ivoire*). Le *Golfe de Guinée* est aussi traversé par l'équateur. De ce fait cette région possède la panoplie presque complète de tous les mécanismes physiques susceptibles de favoriser ces remontées d'eaux profondes. Dans un document interne : « Projets d'étude d'océanographie physique en Atlantique tropical » imaginant des programmes de recherche pour le navire « Capricorne », j'ai proposé d'étudier les quatre structures physiques favorables à des remontées d'eaux et à la productivité océanique présentes dans le *Golfe de Guinée* : Divergence équatoriale, fronts, upwellings côtiers et dômes (Fig. 20).

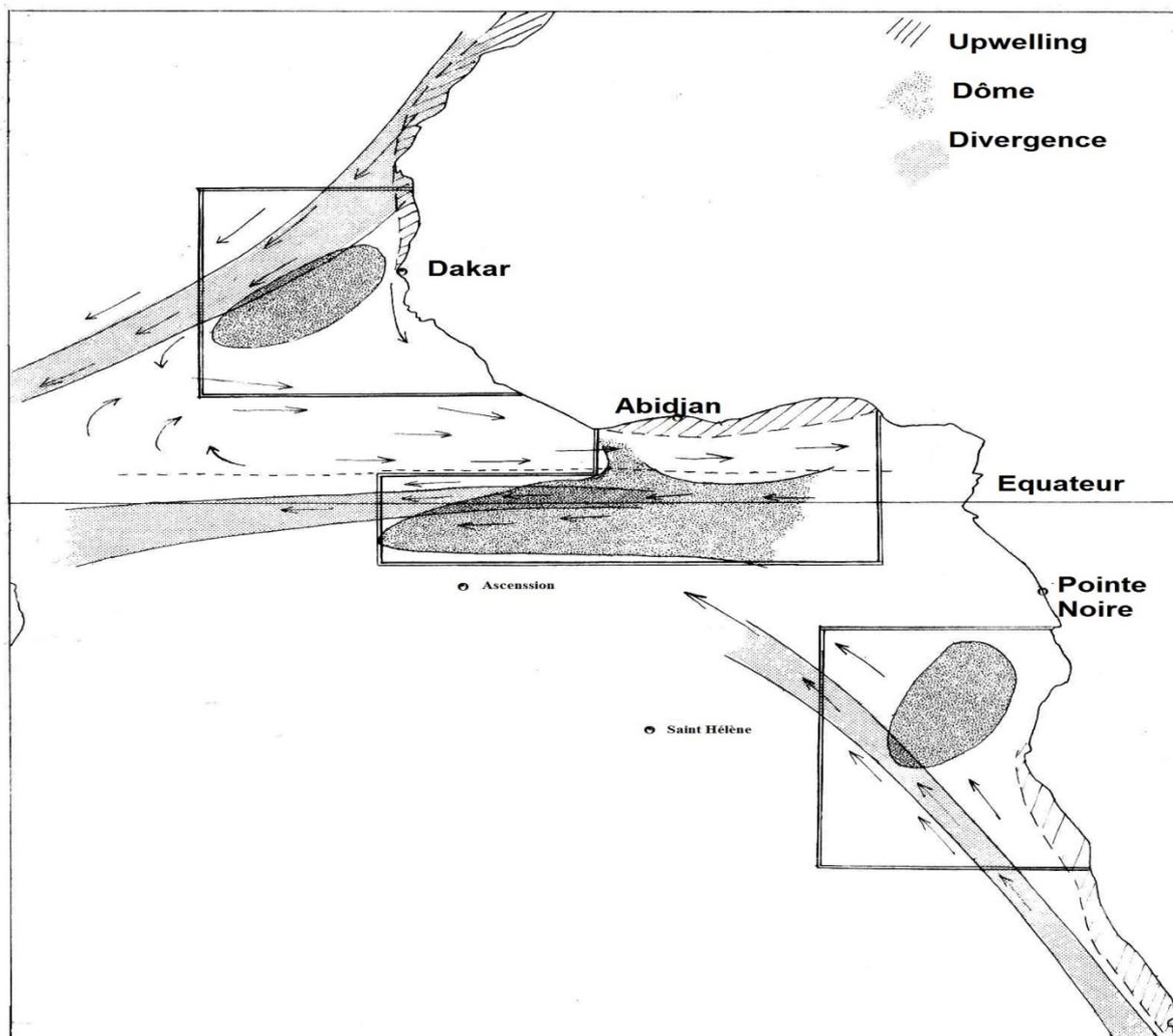


Figure 20 : Upwellings côtiers, Dômes et Divergences dans le Golfe de Guinée.

la **divergence équatoriale** favorise la remontée d'eaux plus profondes à l'équateur. Poussées par un vent parallèle à l'équateur les eaux de surface ont tendance à s'éloigner de l'équateur vers le nord dans l'hémisphère nord et vers le sud dans l'hémisphère sud. Cette divergence, produisant un effet d'aspiration des eaux plus profondes, est causée par la singularité équatoriale, évoquée chapitre II²⁶.

²⁶ La rotation de la Terre génère une force complémentaire, appelée « force de Coriolis » qui s'applique à tous les mobiles à sa surface et dévie les courants à droite dans l'hémisphère nord et à gauche dans l'hémisphère sud. A l'équateur cette divergence favorise ainsi la remontée des eaux plus profondes et l'enrichissement biologique.

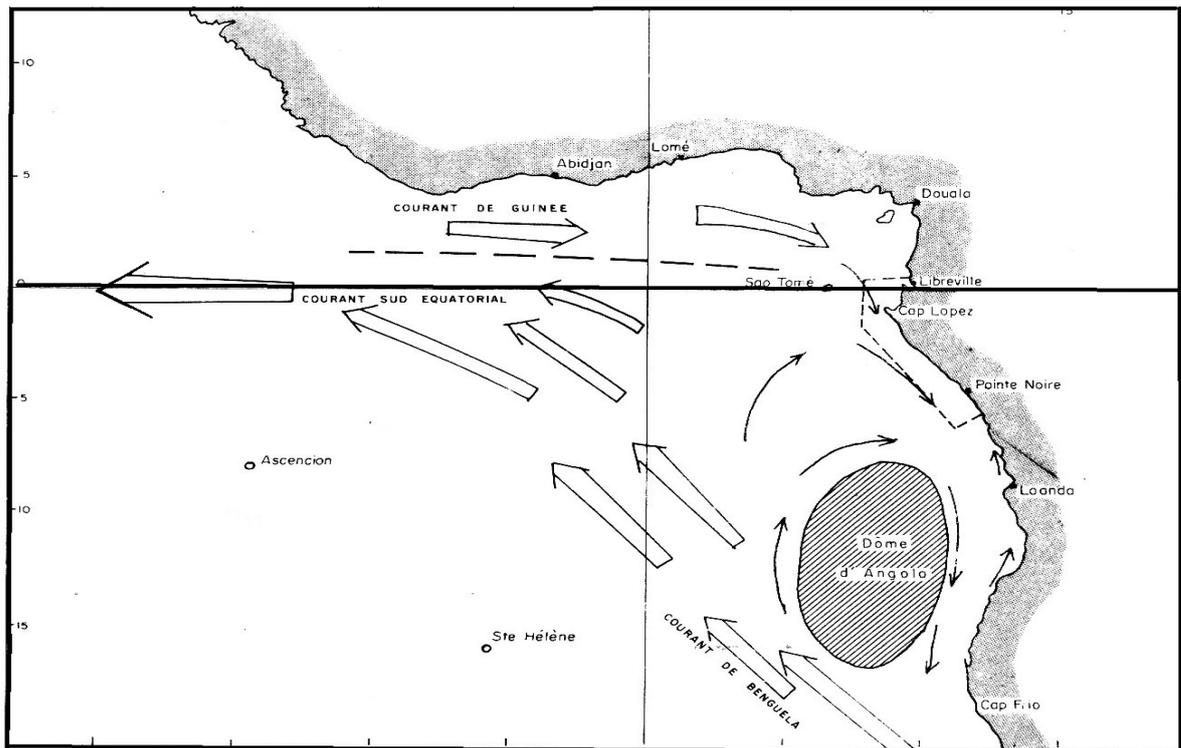


Figure 21 : Circulation des eaux superficielles dans le Golfe de Guinée en été boréal.

Les **fronts**, s'ils ne génèrent pas forcément des remontées d'eaux profondes, sont cependant importants pour la pêche de surface ; leur détection, les conditions de leur formation, la physique qui gouverne leurs mouvements, sont autant de questions scientifiques auxquelles il est nécessaire de répondre pour optimiser l'effort de pêche. Le front le plus connu du *Golfe de Guinée*, le front du *Cap Lopez au Gabon*, est situé presque exactement à l'équateur et il est difficile de le distinguer de la « divergence équatoriale » dont il représente la signature en surface.

Les **upwellings côtiers**, cités ici pour mémoire, sont générés par le vent à la côte ; ils ne nécessitent pas pour leur étude de navires hauturiers. Ces refroidissements côtiers sont accompagnés d'enrichissements biologiques et relèvent des observations des stations et des radiales côtières que l'on a vu précédemment.

Les **dômes thermiques** existent dans les régions tropicales orientales, ainsi que dans les régions occidentales. Ils se traduisent par des remontées d'eaux froides plus profondes, et plus riches en sel nutritifs, sans que ces

remontées atteignent la surface. De ce fait ces structures sont difficilement détectables par défaut de signature à la surface. Mais ces dômes sont cependant riches biologiquement et susceptibles d'alimenter une chaîne trophique jusqu'aux espèces exploitables comme les thons. On savait grâce aux travaux de chercheurs américains qu'il existait deux dômes remarquables dans le *Golfe de Guinée*, dans chaque hémisphère et dans des positions symétriques en latitude par rapport à l'équateur mais à des saisons opposées : Le dôme de *Guinée* vers 15° N au large de *Dakar* en juillet-septembre et le dôme d'*Angola* vers 15° S en janvier-mars (Fig. 21).

Le dôme d'*Angola* étant proche de *Pointe Noire*, j'ai proposé un programme d'étude de sa structure physique et dynamique en relation avec les estimations de sa productivité. J'ai proposé d'utiliser deux navires en couple, le « Capricorne » réalisant les mesures les plus délicates et les plus complètes de la surface à quelques dizaines de mètres de profondeur, l'« André Nizery » couvrant l'aire géographique environnante en réalisant des enregistrements continus des eaux de surface en température, salinité, courants, jusqu'à la productivité planctonique estimée à l'aide de prélèvements de filets à plancton.

Le projet fut accepté et je fus nommé chef de mission de la première campagne réellement scientifique du navire « Capricorne », associé à l'« André Nizery ». La campagne se déroula du 5 février au 13 mars 1971. Plus de 50 stations d'observations hydrologiques avec la sonde furent réalisées par le « Capricorne » incluant des profils de température, salinité et teneur en oxygène, de la surface à 500 mètres de profondeur. Des prélèvements d'échantillons d'eau à l'aide de « bouteilles à renversement²⁷ » ont permis de mesurer, sur une quinzaine de niveaux, jusqu'à 500 mètres de profondeur, de nombreux paramètres chimiques : Phosphore minéral, nitrate, nitrite, silicate, ammoniacal, azote total, ... Par ailleurs des prélèvements de phytoplancton, de zooplancton, et de micronecton, étaient réalisés au voisinage des stations hydrologiques. Cette campagne a surtout permis de tester des instruments de mesure électronique nouveaux : sonde, ordinateur, systèmes de prélèvement. Le succès ne fut pas total, la sonde a fonctionné correctement mais l'ordinateur HP est rapidement tombé en panne probablement du fait des vibrations importantes du bateau. Par

²⁷ Les bouteilles dites « à renversement » sont conçues pour se fermer par une commande électronique à une profondeur choisie, où un prélèvement d'eau est souhaité. Le renversement du thermomètre associé permet d'isoler une quantité de mercure qui correspond à la température qui régnait à cette profondeur.

ailleurs les moyens de communication, encore très rudimentaires à l'époque, fonctionnèrent très mal entre les navires et les centres de *Pointe Noire* et d'*Abidjan*. Il était prévu aussi de communiquer avec les pêcheurs qui étaient à proximité du dôme pour les informer sur la présence éventuelle de thons ; les échanges furent rares car les thons demeurèrent très discrets.

Néanmoins le dôme fut décrit correctement montrant qu'il y avait bien en moyenne un refroidissement sous la surface et un enrichissement biologique important ; mais la structure du dôme est apparue instable et intermittente. Plutôt qu'un dôme continu et permanent on observait des zones de faibles extension horizontale où on pouvait voir de brèves et rapides remontées d'eau plus froides et plus riches en sels nutritifs. En fait les phénomènes conduisant au dôme statistique étaient d'un ordre de grandeur plus petit que le dôme lui-même ; ils relevaient de ce que l'on a appelé la « meso-échelle » avec des dimensions caractéristiques de quelque milles à quelque dizaine de milles qui seront étudiés plus tard notamment par *H. Stommel* dans l'Atlantique nord, avec une instrumentation mieux adaptée.

Je me suis attardé sur les détails de cette première campagne du navire « Capricorne » car pour moi c'était aussi une première : Ma première responsabilité de chef de mission sur un navire embarquant au total une trentaine de personnes dont une quinzaine de scientifiques. La vie à bord d'un petit navire (46 mètres de longueur) dans un espace confiné pendant plusieurs semaines, est en soi déjà une épreuve que j'avais connue dans le Pacifique avec le « Coriolis » ; mais lorsque des responsabilités de chef de mission se greffent sur ces conditions d'existence très particulières et contraignantes, la difficulté prend une autre dimension. Les choses ne se passent jamais comme elles ont été prévues dans les plans initiaux, même les mieux préparés prenant en compte tous les aléas possibles. Des instruments tombent en panne, on prend du retard, il faut abandonner et/ou adapter telle ou telle partie du programme prévu. Les décisions, qui incombent au chef de mission, doivent être prises rapidement. Elles ne satisfont évidemment pas tous les acteurs impliqués. Des critiques fusent, des énervements, accentués par les conditions de vie contraignantes du bord, se manifestent. Il faut gérer une dimension psychologique qui pourrait prendre de l'ampleur et aller jusqu'à un échec partiel de la campagne. J'avais déjà connu ce type de problème lorsque, en ma qualité de sous-lieutenant, je commandais une section en Algérie. Mais le cadre militaire très structuré avec ses mécanismes bien rodés et ses codes aident beaucoup, à quelque niveau hiérarchique que l'on

soit, à gérer un groupe humain dans des moments critiques lorsque s'accumulent des difficultés pouvant conduire à des situations dramatiques. Il n'était pas question évidemment d'appliquer sur un navire de recherche un comportement militaire. J'eus donc à improviser et j'appris beaucoup au cours de cette campagne sur la façon de diriger un groupe de chercheurs et de faire converger les idées et les intérêts de chacun vers des objectifs communs. J'appris aussi, et peut-être surtout, ce qu'il ne faut pas faire avec des chercheurs dans de telles circonstances !

La traque du « climat de l'océan » commence à *Pointe Noire (Congo)* et se poursuit à *Brest*.

Mon intérêt pour le climat et les interactions entre l'océan et l'atmosphère débuta paradoxalement dans l'isolement relatif de cette affectation au centre ORSTOM de *Pointe Noire* en 1970. Je viens de montrer que tout n'était pas négatif dans cette affectation et qu'une océanographie de bon niveau pouvait être pratiquée dans cette région orientale de l'Atlantique tropical, symétrique de celle du Pacifique, siège du phénomène El Niño. Mais la finalité de nos projets axés sur la recherche de structures marines productives et de ressources halieutiques exploitables dans le *Golfe de Guinée* était frustrante pour des océanographes physiciens compte tenu des moyens humains et matériels que l'ORSTOM avait mis à notre disposition et de l'essor que l'océanographie physique prenait à l'étranger dans le domaine, nouveau, du rôle de l'océan dans le climat.

Après trois années passées à découvrir les charmes de l'océanographie hauturière dans l'océan Pacifique équatorial avec la jeune équipe d'océanographes physiciens que nous formions au centre de *Nouméa*, je me suis trouvé, au début de mon séjour à *Pointe Noire*, subitement relégué à un rôle d'observateur solitaire des conditions océaniques côtières environnant l'exploitation d'une ressource halieutique locale qui m'était totalement inconnue : une sardine du nom de *Sardinella Aurita*. Ultérieurement, comme montré précédemment, les choses s'améliorèrent. Mais cet isolement initial fut propice à la réflexion. Pour mieux comprendre ce qui pouvait affecter les eaux océaniques bordant les côtes d'Afrique occidentale et le comportement de ses sardines, comme cela m'avait été demandé, je me suis intéressé à l'ensemble du *Golfe de*

Guinée. Au-delà des observations des navires ORSTOM à proximité des côtes, il existait une accumulation d'autres observations dans cette région que des navires océanographiques avaient déjà parcourue. Par ailleurs *Georges-Roger Berrit*, déjà évoqué, avait, quelques années plus tôt, osé créer le concept nouveau d'*hydroclimat*, c'est à dire de « climat de l'océan ». Mais ses travaux avaient eu peu d'écho à l'époque. La raison principale de ce désintérêt tenait au fait que ses *hydroclimats* ne concernaient que la surface de l'océan. Il collectait et analysait seulement les observations de surface collationnées par les équipages des navires de commerce qui traversaient la région.

Cependant l'ensemble des observations hydrologiques réalisées par les campagnes océanographiques qui avaient traversé le *Golfe de Guinée* et l'Atlantique tropical pouvaient permettre d'étendre le concept de l' *hydroclimat*, aux couches plus profondes de l'océan. Il fallait pour cela faire la synthèse de ces observations, qui commençaient d'être rassemblées dans un centre de donnée américain, le NODC (*National Oceanographic Data Center*) mais n'avaient pas encore été exploitées dans leur ensemble. Il faut se souvenir qu'au début des années 1970 les ordinateurs commençaient tout juste à faire leur apparition dans les laboratoires et que seuls des centres de données à vocation internationale comme le NODC aux *États Unis* commençaient à informatiser les observations disponibles entassées sur les étagères des laboratoires.

Ayant donc appris l'existence du NODC et des observations qu'il était prêt à distribuer à qui s'engageait à fournir ses propres observations au fichier central, je passais commande au NODC, dépendant de la NOAA à *Washington*, de l'ensemble des données hydrologiques couvrant la moitié est de l'Atlantique tropical entre 20° N, 20° S et la longitude 10° W. Deux mois plus tard, près de cent kilos de feuilles noircies de chiffres arrivèrent au port de *Pointe Noire*, ce qui ne manqua pas d'intriguer les douaniers congolais peu habitués à recevoir des colis chiffrés marqués de l'aigle des postes américaines et du *Department of Commerce*. Je ne reçus jamais ce premier envoi et mon chef de centre, un peu embarrassé, m'informa que la police congolaise avait ouvert une enquête sur mes activités et cherchait à comprendre ce que signifiaient ces volumineux messages codés. Quelques mois plus tard je reformulais ma commande au NODC et reçus finalement le « listing » complet des milliers de stations hydrologiques convoitées. Après une tentative de traitement manuel de ces données avec la calculette (programme 101) dont je disposais à l'époque, je dû rapidement reconnaître qu'avec un tel moyen de calcul un siècle d'affectation à *Pointe Noire* ne me suffirait pas pour épuiser cette mine de chiffres et me

permettre de découvrir les variations saisonnières recherchées du *Golfe de Guinée*. Heureusement, dans le même temps, j'appris qu'à *Brest*, avec l'implantation en cours du COB (*Centre Océanologique de Bretagne*), un projet de BNDO (*Bureau National des Données Océaniques*), équivalent du NODC américain, prenait corps. J'écrivis à *Brest* et présentai mon projet. On me répondit qu'il correspondait bien à ce que le BNDO souhaitait offrir aux scientifiques qui s'intéressaient aux « données historiques », mais que le mieux serait que je vienne sur place travailler avec les informaticiens chargés de mettre au point les logiciels nécessaires au traitement de ces données.

Toujours dans le même temps, mais à l'étranger, des pionniers dans le traitement informatique des données océanographiques commençaient à explorer le potentiel scientifique que recelaient ces archives rassemblées depuis plus d'un siècle dans les centres de données. Aux *États-Unis*, *Henry Stommel*, le premier, confia à partir de 1971 à une océanographe française en séjour à *Woods Hole*, *Michelle Fieux*, la tâche de rechercher, à travers le monceau de données accumulées dans l'Atlantique nord, s'il était possible, ou non, de détecter des variations saisonnières et interannuelles dans l'océan. A l'aide de programmes informatiques appropriés la réponse de *Michelle Fieux* (1975) fut positive ; dès lors il devint raisonnable pour moi d'envisager de faire la même recherche sur l'ensemble de l'Atlantique tropical malgré une plus faible densité d'observations²⁸.

Je m'installai donc à *Brest* fin 1971 et devint le premier client/cobaye du BNDO, lequel commanda et reçut les bandes magnétiques contenant l'ensemble des stations hydrologiques collectées par le NODC dans l'Atlantique tropical et commença la construction des logiciels de traitement à laquelle je participai. Ce travail s'étendit sur plusieurs années. Il fallait en premier créer les outils de gestion de ces volumineux fichiers impliquant le décodage des formats, les outils de sélection spatiale et temporelle, les calculs standards. Je ne souhaite pas m'étendre ici sur les détails de ce travail qui fut long et fastidieux et d'autant

²⁸ A la suite des résultats obtenus par *Stommel* et *Fieux*, et ceux que je présentais sur mon analyse des données historiques de l'Atlantique tropical au cours d'un colloque qui s'est tenu à Miami en 1975, je fus invité par *Kurk Bryan* du *Geophysical Fluid Dynamic Laboratory* à *Princeton* à rejoindre le NODC et la NOAA pour entreprendre l'exploitation de l'ensemble mondial des données historiques dans l'espoir de détecter dans l'océan d'éventuelles traces de signaux climatiques. Mais l'ORSTOM ne donna pas son accord à mon détachement aux États Unis. Entre temps, *Sidney Levitus*, alors jeune chercheur au GFDL, fut chargé de ce travail par *Kurk Bryan*, son directeur au GFDL. Plus de quarante ans plus tard, en 2012, *Sydney Levitus*, devenu depuis le directeur du centre de données océaniques mondial (World Data Center-A) attaché au NODC et confié à la NOAA, est toujours attelé à cette tâche !

plus délicat que l'informatique était à ses débuts et ne bénéficiait pas encore des logiciels élémentaires qui sont actuellement d'usage courant. J'ai dû apprendre des langages de programmation comme le *cobol* et le *fortran*, créer mes propres logiciels de sélection, de calcul, de sorties graphiques (Fig. 22).

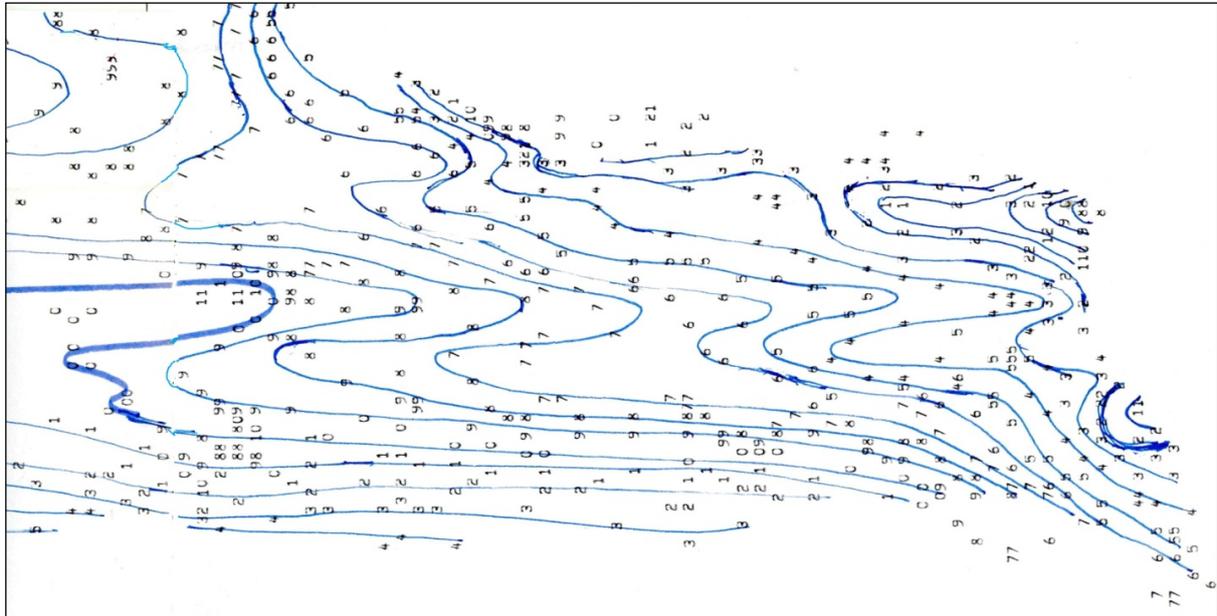


Figure 22 : Exemple d'un programme de « contourage » pour restituer, à la main, les isolignes d'une propriété de l'océan dans le *Golfe de Guinée*.

Je réalisais ce travail en coopération étroite avec les professionnels, analystes, programmeurs, ingénieurs système, du BNDO. Et comme beaucoup de mes collègues scientifiques de cette époque, premiers usagers/concepteurs de programmes informatiques, je fus fasciné par ces outils nouveaux au potentiel insoupçonné, passant quelquefois des nuits entières à la mise au point d'un programme, croyant toujours être sur le point de l'avoir corrigé de tous ses *bugs*. Bref ! Comme d'autres, et comme le disaient certains, j'étais «tombé dans l'ordinateur». Était-ce une perte de temps ? Il est certain que nos collègues américains disposant de programmeurs professionnels à leur service, pouvaient se consacrer entièrement à la science, comme j'ai pu le faire au cours de mon séjour à l'université de *Miami* (chapitre IV). J'ai passé beaucoup de temps à ces travaux informatiques au détriment certainement de ma production scientifique, mais je ne regrette pas totalement cette expérience qui marquait les débuts historiques d'une nouvelle époque : Celle du calcul électronique. L'informatique

n'était pas mon métier, je l'ai pratiqué par nécessité, mais je reconnais y avoir trouvé un certain plaisir, peut-être le souvenir lointain de mon goût pour le raisonnement mathématique. Au final les programmes informatiques que j'ai mis au point m'ont permis de traiter à la fois les données précieusement conservées dans les cahiers des centres océanographiques africains de l'ORSTOM, qui sans cela auraient probablement été perdus à jamais, mais aussi l'ensemble des observations de toutes origines qui recouvraient l'Atlantique tropical, objet de ma nouvelle quête scientifique.

**DOCUMENT 9 : L'exploitation des observations hydrologiques
côtières. Document remis à la FAO.**

CONDITIONS HYDROLOGIQUES SAISONNIERES DE LA MARGE
CONTINENTALE DU GABON ET DU CONGO (De 1°N à 6°S).

ETUDE DESCRIPTIVE

Projet F.A.O. - UNDP/SF/217/CON(B).

MERLE Jacques

Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire *

Document n° 27 N.S.
1er Sept 1972.

* Outre les personnes ayant dirigé et exécuté les campagnes deux personnes ont participé directement au dépouillement et à l'interprétation des données dont ce rapport est l'objet, il s'agit de Messieurs GUILLERM et PIANET appartenant tous les deux au Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire.

CHAPITRE IV

A la découverte de l'Atlantique tropical

Mon affectation au BNDO, ainsi qu'à l'UBO (*Université de Bretagne Occidentale*) auprès du professeur *Le Floc'h*, à *Brest*, accompagnait mon intérêt grandissant pour l'étude des relations océan-atmosphère dans les tropiques et le projet d'observer plus en détail le comportement et la variabilité de l'océan tropical Atlantique, le plus accessible depuis nos contrées européennes. J'ai indiqué plus haut quelles étaient mes motivations initiales pour l'étude des données historiques de cette région. A mesure que j'avancais dans ce traitement mon intérêt glissa progressivement de son objectif initial, qui était simplement de mieux comprendre les relations entre l'océan côtier africain et la circulation générale du bassin Atlantique, vers une question plus fondamentale : Comment les deux sphères fluides, océan et atmosphère, entourant la Terre, interagissaient-elles dans les tropiques ? Pour répondre à cette question, l'étude de l'ensemble des données disponibles archivées dans les centres de données nouvellement informatisés était très prometteuse et on verra en détail plus loin ce qu'elle nous apporta. Mais ce qui était plus déterminant encore pour le futur venait des initiatives de la communauté des atmosphériciens. Ils avaient compris, avant les océanographes, la nécessité de lancer de grandes opérations de recherche expérimentales impliquant les deux milieux fluides pour mieux comprendre leurs interactions. GATE (*GARP Atlantic Tropical Experiment*) et FGGE (*First GARP Global Experiment*) furent les plus exemplaires de ces

programmes internationaux communs pour l'étude des interactions entre l'océan et de l'atmosphère. Ils étaient issus du GARP (*global Atmospheric Research Programme*), le programme de recherche de l'OMM (*Organisation Météorologique Mondiale*) qui venait d'être mis en place.

Je montrerai dans ce chapitre quelles furent ces initiatives, comment les deux communautés, atmosphériciens-météorologues et océanographes, s'organisèrent au plan international pour devenir au fil du temps de plus en plus proche. Je présenterai ma contribution à ces activités puis je détaillerai ce que l'étude des données historiques de l'Atlantique tropical apporta en termes de connaissance et surtout de nouveaux questionnements susceptibles de motiver l'élaboration de programmes futurs auxquels les océanographes seraient invités à prendre toute leur part comme on le verra.

L'atmosphère fait irruption dans ma vie d'océanographe

Tout en poursuivant le travail de longue haleine de traitement des observations de l'océan Atlantique tropical et de mise au point des logiciels informatiques nécessaires, je fus engagé, par le CNEXO et le BNDO, avec l'accord de l'ORSTOM, dans des activités de préparation et d'organisation d'une opération météo-océanique de grande envergure à laquelle la *France* participait et qui impliquait le monde tropical. Ce fut le programme international GATE initié par le GARP, ce programme créé en 1967 conjointement par l'OMM (WMO en anglais) et le CIUS (*Conseil International des Unions Scientifiques - ICSU* en anglais). Le GARP était l'outil recherche que s'étaient donné les météorologues rassemblés au sein de l'OMM, tandis que le CIUS, sorte d'ONG scientifique internationale de haut niveau, en était la tête pensante et la caution scientifique.

GATE fut la première opération scientifique du GARP de dimension internationale initiée par les météorologues mais s'adressant à la fois aux atmosphériciens et aux océanographes. Il faut dire que les océanographes de cette époque se souciaient encore très peu de l'atmosphère, si ce n'est pour estimer le vent de surface, moteur principal des courants de surface. Mais les météorologues au contraire, dont la première préoccupation était d'étendre l'échéance de leurs prévisions, ne se satisfaisaient plus de l'observation de la

seule atmosphère. Ils avaient compris les premiers qu'il était nécessaire de prendre en compte l'océan, au moins en ce qui concerne sa surface, pour avancer dans la prévision du temps.

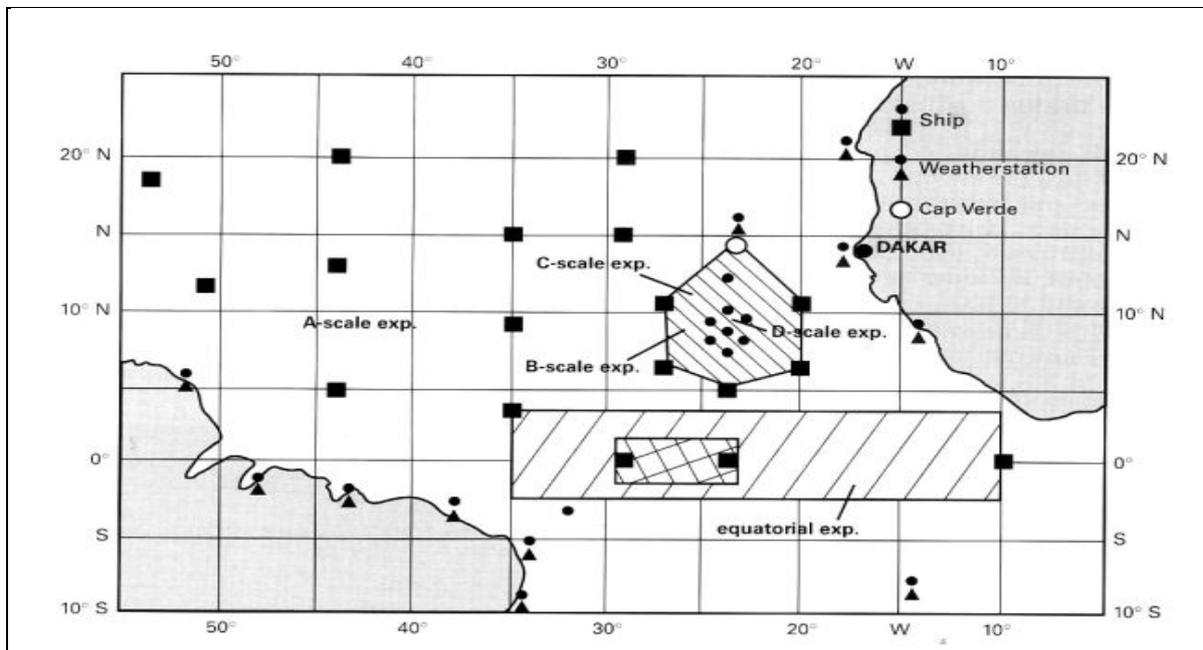


Figure 23 : Plan des opérations GATE. Chaque point et carré était occupé par un navire en position fixe pour réaliser des observations à intervalles réguliers.

Par ailleurs des phénomènes météorologiques extrêmes comme les cyclones qui puisaient manifestement leur énergie destructrice dans l'océan, les préoccupaient. Pour comprendre et prévoir ces phénomènes il était nécessaire de prendre en compte l'atmosphère dans sa globalité mais aussi d'explorer le rôle des couches superficielles de l'océan dans la dynamique de l'atmosphère et les événements extrêmes qui pouvaient l'affecter. Première expérience mondiale de grande envergure²⁹, GATE, rassembla des moyens considérables : 38 navires, 10 avions, 3 satellites déplacés, 400 scientifiques sur le terrain à *Dakar* pendant trois mois entre juin et septembre 1974. Le programme avait pour objectif d'observer dans l'Atlantique tropical oriental (Fig. 23) les mécanismes de transfert d'énergie entre l'océan et l'atmosphère, à l'origine des dépressions tropicales et des cyclones qui pouvaient se propager jusqu'à l'autre extrémité de

²⁹ Il y avait eu cependant avant GATE une première expérience régionale du GARP en 1969, BOMEX (*Barbados Oceanographic and Meteorological Experiment*), qui avait déjà pour objectif les échanges de masse et d'énergie entre l'océan et l'atmosphère.

l'Atlantique (*Caraiïbes, golfe du Mexique, Floride, Virginie ...*). GATE était une première pour les océanographes bien qu'ils aient déjà eu l'expérience de réunir leurs navires pour travailler ensemble sur des phénomènes nécessitant des observations conjointes, comme ils l'avaient fait lors de l'Année Géophysique Internationale en 1957-58. Mais ils n'avaient jamais été à ce point associés aux météorologues. Dans cette entreprise commune, ils durent se plier à la discipline et aux standards des observations météorologiques en répétant leurs mesures à intervalles réguliers et selon des procédures codifiées.

La *France* participa à cette expérience internationale en mobilisant trois navires (Le Charcot, La Thalassa et le Capricorne) et autant d'équipes mixtes de météo-océanographes (au total une quarantaine de scientifiques), durant les trois mois que durèrent les opérations en mer. La participation française au GARP et à GATE était coordonnée par la DGRST – l'instance de coordination de la recherche qui précéda le ministère de la recherche – au sein d'un *Comité interministériel pour le programme de recherche sur l'atmosphère globale* dont j'étais membre. Le rattachement de GATE au monde tropical et sa localisation dans l'Atlantique alerta l'ORSTOM. Mon intérêt pour l'étude de l'Atlantique tropical et ses variations à longs termes dans une perspective « climat » me désigna pour être le coordonateur de la composante océanographique de la participation française au programme, piloté dans son ensemble par un ingénieur de la Météorologie Nationale, *Jean Alt*. Au titre de mes fonctions de coordinateur français pour la composante océanographique du programme je fus chargé de rassembler les équipes d'océanographes qui réaliseraient les observations en point fixe à bord des navires et de coordonner un programme de recherche océanographique commun.

Par ailleurs, outre les opérations de terrain, la gestion des activités communes par domaines scientifiques dans l'ensemble du programme GATE nécessitait l'implication de centres spécialisés. L'archivage informatique des observations océanographiques produites par l'expérience devait être assuré par un de ces centres spécialisés. Le BNDO fut candidat et sélectionné pour assurer cette tâche d'archivage des observations océanographiques. Ce fut la mise en place de l'OSDC (*Oceanographic Sub-program Data Center*). Mon implication dans le traitement informatique des données océanographiques de l'Atlantique au BNDO me désigna encore pour devenir le responsable de l'OSDC pour le compte du BNDO et avec l'accord de l'ORSTOM. Cette activité me replongea dans l'informatique, non plus comme exécutant, mais comme donneur d'ordre

chargé notamment du recrutement et de l'encadrement d'un ingénieur analyste et d'un programmeur.

Sur le plan de la recherche, profitant de l'exceptionnelle concentration de navires à proximité de l'équateur, un *Equatorial Experiment* fut mis sur pied avec des équipes américaines, allemandes, russes et françaises. Ce sous-programme de GATE, spécifiquement océanographique, avait pour objectif d'obtenir des images synoptiques de la circulation équatoriale Atlantique dont on supposait qu'elle était affectée par des ondes (ondes de Kelvin), comme on l'a vu précédemment. Un groupe du SCOR³⁰ (dont faisait partie le français *Joseph Gonella*) était chargé de planifier ces activités océanographiques de GATE. Mais un membre américain de ce groupe, *George Philander*, lui-même spécialiste des régions équatoriales, s'était aussi beaucoup investi dans cette expérience équatoriale tout en étant chargé de coordonner l'ensemble du programme océanographique de GATE dans son centre scientifique de *Bracknell* en *Angleterre*. *George Philander* m'associa à ses activités de coordination et me prit comme adjoint de la phase opérationnelle de l'expérience sur le terrain à *Dakar* au cours de l'été 1974. De là naquit entre nous une connivence scientifique toujours vivante 40 ans plus tard. *George Philander* ne pouvant être présent sur place à *Dakar* en juin et juillet, j'ai donc représenté l'océanographie au centre opérationnel du programme durant les deux premiers mois de la phase d'observation en mer, en juillet et août 1974. Ce centre opérationnel, installé dans la banlieue de *Dakar* à proximité de l'aéroport, faisait l'effet d'une ruche bourdonnante d'activités où se croisaient une centaine de scientifiques coordonnant les cinq sous-programmes de l'expérience : Météorologie synoptique, phénomènes radiatifs, phénomènes convectifs, phénomènes couche limite et océanographie, sous la férule implacable d'un directeur prestigieux : *Joachim Kuettner*, un personnage étonnant³¹.

Mon rôle principal au quartier général GATE à *Dakar* fut de veiller à ce que les observations océanographiques soient convenablement exécutées par les équipes à bord des navires et réalisées aux heures convenues pour assurer le caractère synoptique de l'ensemble des sous-programmes.

³⁰ Le SCOR (*Scientific Committee on Oceanographic Research*), est une émanation du CIUS/ICSU pour l'océanographie.

³¹ *Joachim Kuettner*, né en Allemagne en 1910, rejoignit les *États-Unis* après la seconde guerre mondiale dans les pas de *Wernher Von Braun*, le père de la conquête spatiale américaine. *Kuettner* fut, à la NASA, le directeur du projet MERCURY qui envoya dans l'espace le premier astronaute américain : *Alan Shepard*, en 1961.

Le sous-programme océanographie comportait deux thèmes distincts principaux :

- (i) Une étude du comportement de la couche supérieure océanique dans son interaction avec la basse atmosphère dans la zone de convergence intertropicale des alizés ; cette étude était également rattachée au sous-programme « couche limite » ;
- (ii) Une étude du système de circulation équatorial et de sa variabilité notamment en ce qui concerne les ondes qui pouvaient l'affecter.

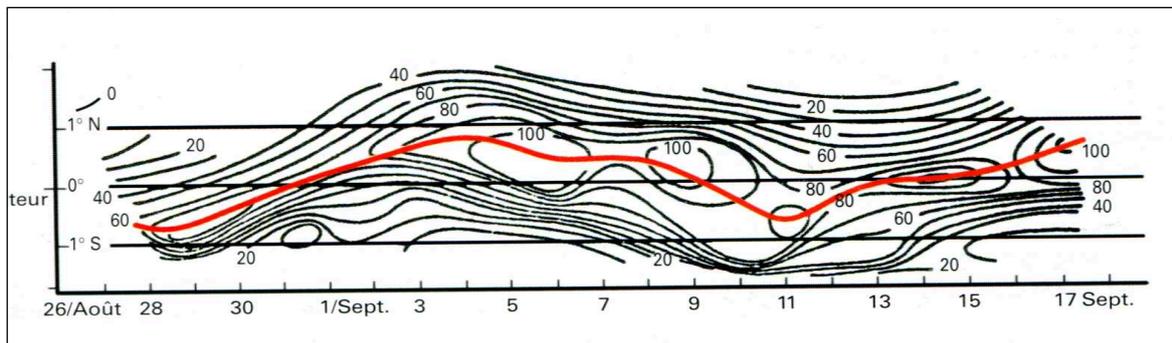


Figure 24 : Observation des ondulations du sous-courant équatorial à l'équateur et à 28°W traduisant une propagation d'ondes

Ces ondes, de relativement hautes fréquences, de périodes 1-5 jours, 14-18 jours, 30-40 jours, ont été effectivement mises en évidence durant GATE (Fig. 24) et rapprochées d'oscillations thermiques observées à ces mêmes périodes dans les enregistrements côtiers des stations du *Golfe de Guinée* (Voir chapitre III Fig. 19). C'était la première fois que l'on observait des ondes équatoriales dont l'existence avait été prédite depuis déjà quelques années par des théoriciens notamment *Moore* et *Philander* (1977). La visualisation de ces ondes et leur cohérence avec les oscillations affectant la température des stations côtières du *Golfe de Guinée* ont donné crédit aux théories du *remote forcing* évoquées antérieurement chapitre III.

Les observations issues de ces programmes océanographiques ont été rassemblées et publiées dans un atlas édité par l'UNESCO dont je suis un des trois co-auteurs (Fig. 25) ; de nombreux articles scientifiques ont été publiés à partir de ces observations dans des revues océanographiques de renom comme « *Deep Sea Research* » (Document 10). Ultérieurement, en septembre 1976, j'ai organisé au COB à *Brest* un colloque international qui rassembla une quarantaine de participants océanographes à GATE ; il faisait suite à une

première réunion de planification qui s'était tenue à *Genève* au sein de l'OMM en Aout 1975.

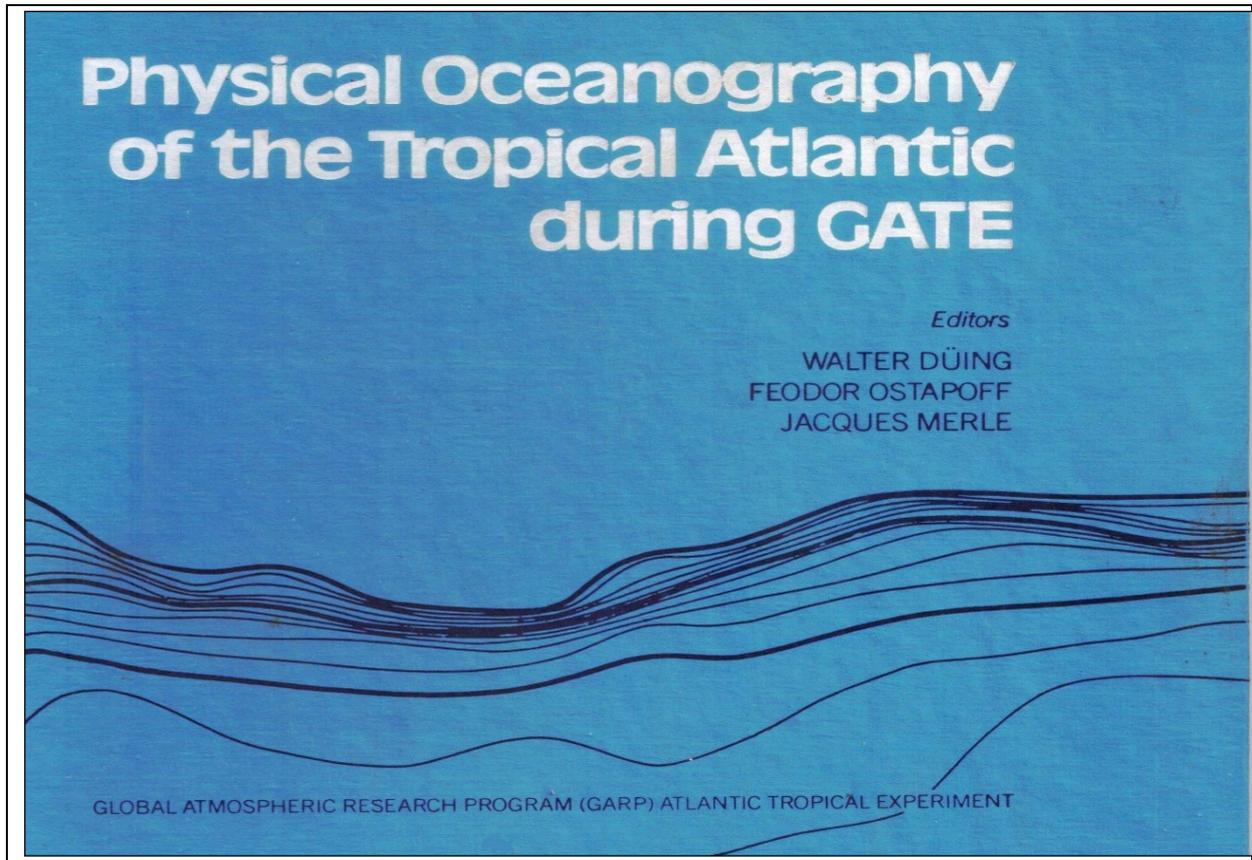


Figure 25 : Atlas GATE publié par l'UNESCO sous la direction de *Walter Düing, Feodor Ostapoff et Jacques Merle.*

Immersion dans les programmes internationaux océan-atmosphère

Ces activités de coordination au plan national et international, à l'occasion de GATE, me plongèrent dans un monde scientifique nouveau d'une autre dimension que celui que j'avais pu connaître jusqu'ici à l'ORSTOM et au CNEXO. Dans la phase de préparation de l'expérience, je fus convié aux réunions de planification et de coordination internationales qui se tenaient à l'OMM à *Genève* ; par la suite, dans la phase d'exploitation scientifique des résultats et de gestion informatique des données, de nombreuses réunions se tinrent à l'étranger (*États-Unis, URSS, Angleterre, Pérou, ...*) où j'ai pu rencontrer une communauté scientifique de haut niveau. Celle-ci avait compris

le rôle potentiel de l'océan sur l'atmosphère, contrairement à certains leaders de l'océanographie physique française de l'époque.

GATE eut une suite en 1979. Toujours dans le cadre du GARP, la deuxième expérience internationale de grande envergure fut paradoxalement appelée la *Première Expérience Mondiale du GARP* (PEMG³²), ou en anglais FGGE (*First GARP Global Experiment*), mais il n'y en eut pas de seconde dans le cadre du GARP. La PEMG, comme son intitulé l'indiquait, était globale et prenait en compte l'ensemble de l'atmosphère terrestre ainsi que la totalité de la surface des quatre océans (Atlantique, Pacifique, Indien et Austral). Cette expérience globale visait à renforcer les réseaux d'observation à la fois de l'atmosphère par la VMM (*Veille Météorologique Mondiale – WWW* en anglais), et de l'océan superficiel. Ce fut l'occasion de déployer des centaines de bouées dérivantes dans des régions océaniques peu fréquentées et mal connues comme l'océan Austral, en prenant en compte à la fois les paramètres atmosphériques – vent, pression, température de l'air, humidité – et les paramètres océaniques les plus usuels tels que la température et les courants de surface. L'objectif était d'améliorer la précision des « conditions initiales » observées à l'interface atmosphère-océan, indispensables pour améliorer les simulations des modèles et allonger l'échéance de leurs prévisions. La PEMG mobilisa de nombreux navires, concentra les observations de plusieurs satellites, sema l'océan mondial de centaines de bouées dérivantes et fit beaucoup progresser la prévision météorologique, mais elle apporta peu de résultats nouveaux dans le domaine de l'océanographie. J'ai participé, avec un représentant de la Météorologie Nationale, aux réunions de planification de la PEMG au siège de l'OMM à Genève. Je fut chargé, comme pour GATE, de la composante océanographique française de ce programme.

A partir de 1979 la France a cherché à s'organiser pour être présente dans le concert international de la recherche sur l'atmosphère et son interaction avec l'océan. Sous l'impulsion de la DGRST et de personnalités comme *Jean-Max Delamare* et *Pierre Morel*, l'organisation de la recherche sur l'atmosphère et le climat commença à trouver sa place parmi les priorités retenues par le conseil

³² GATE ayant été une expérience régionale, on pouvait en effet qualifier celle qui suivit à l'échelle mondiale de première expérience mondiale. Mais il n'y eut jamais de deuxième expérience mondiale du GARP. Elle fut donc la première et la dernière. Le GARP, qui dans son intitulé ne mentionnait que la recherche sur l'atmosphère, laissa bientôt la place, au début des années 1980, au *Programme Mondial de Recherche sur le Climat – PMRC* ou *WCRP* en anglais, pour intégrer dans ses activités de programmation les autres milieux, notamment l'océan.

des ministres de l'époque dans le cadre d'un plan décennal (décennie 1980-90) de la recherche. Il fut question en 1979 d'un grand programme, *Recherche météorologique et climatique*, puis en 1980 d'une *Action Sectorielle Programmée (ASP) Evolution du climat*, et enfin, en 1981, de la mise sur pied de programmes nationaux, dont le PNEDC (*Programme National de la Dynamique du Climat*), couvrant les thèmes de recherche des domaines relevant de la dynamique de l'atmosphère, de l'océan et du climat. Pour ma part j'ai contribué à sensibiliser la communauté océanographique nationale au rôle potentiel de l'océan sur l'atmosphère, en organisant, notamment, un séminaire à l'Institut Océanographique de Paris intitulé : *Action de l'océan sur l'atmosphère* (Document 11).

Les données historiques de l'Atlantique tropical livrent leurs secrets, mais ouvrent une polémique scientifique

Durant les années 1975-1978 j'ai poursuivi au BNDO l'exploitation des données historiques de l'Atlantique tropical, auxquelles étaient jointes les toutes récentes données GATE. Mon objectif était de cartographier les propriétés hydrologiques courantes de l'Atlantique tropical : température, salinité, teneur en oxygène, densité, de façon à décrire le mieux possible l'état moyen de cette zone océanique et sa variabilité. Ce travail a été accompli à partir d'un fichier couvrant la région située entre 20° N, 20° S, 60° W et la côte africaine ; il contenait plus de 15 000 profils de mesures de la surface à, au moins, 500 mètres de profondeur, répartis en 4 groupes saisonniers : janvier-mars, avril-juin, juillet-septembre et octobre-décembre. Après avoir opéré un filtrage sommaire de ces données pour s'assurer d'une qualité moyenne acceptable, des cartes de température, salinité, teneur en oxygène, densité, furent dressées par profondeur et par saison en pratiquant des moyennes dans des pavés de 4° de longitude et de 2° de latitude. Cet ensemble de cartes fit l'objet d'un atlas : « Atlas hydrologique saisonnier de l'océan Atlantique intertropical » (Figs. 26 et 27) publié à l'ORSTOM.

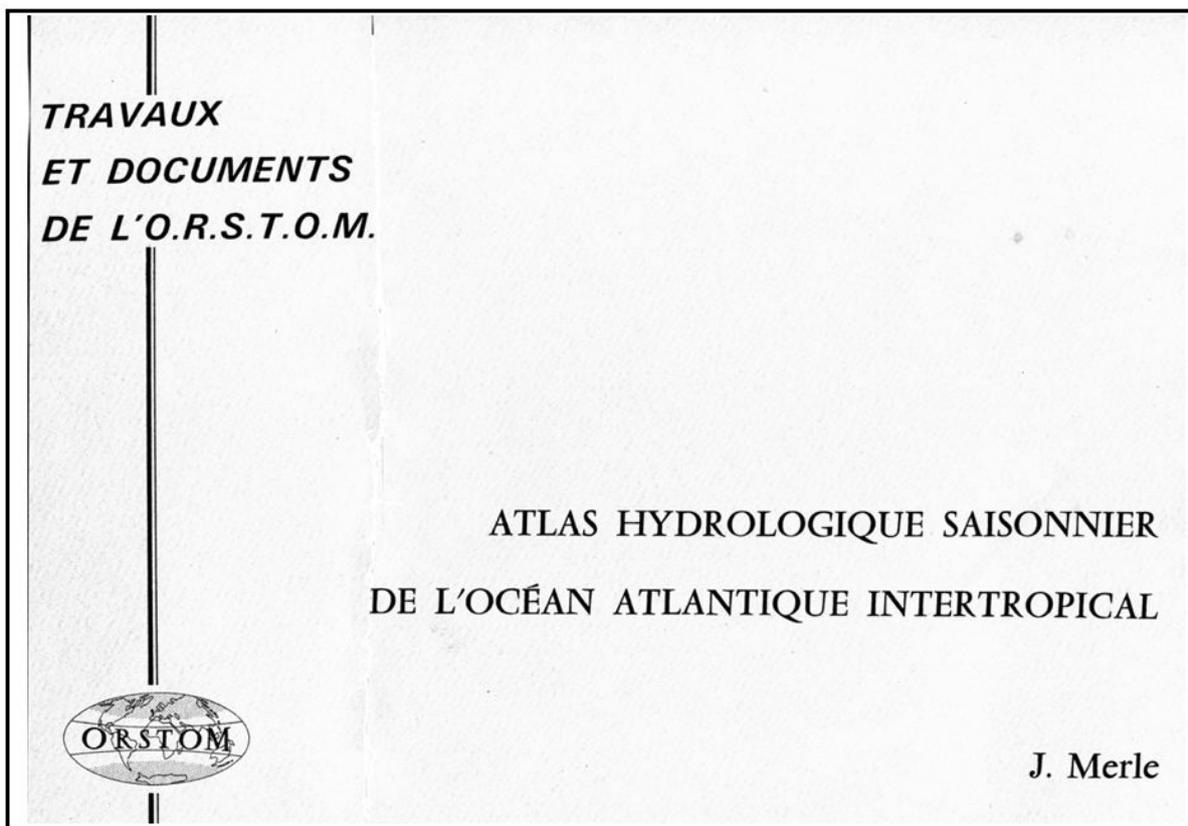


Figure 26 : Atlas rassemblant les résultats du traitement de l'ensemble des données historiques de l'océan Atlantique tropical

Le résultat scientifique le plus immédiat qui apparut presque visuellement à l'examen de ces cartes fut la confirmation de résultats antérieurs déjà partiellement connus, montrant que la couche homogène chaude superficielle caractéristique des océans tropicaux s'accroît en épaisseur d'est en ouest. A l'ouest cette couche superficielle chaude peut atteindre 150 mètres d'épaisseur, tandis qu'à l'est elle est très mince et se confond avec la surface. Les eaux superficielles, chauffées par le soleil, sont poussées en direction de l'ouest par les vents alizés où elles s'accumulent dans ce qui est appelé dans le Pacifique la *warm pool* (chapitre II) avec son équivalent dans l'Atlantique. La thermocline, cette couche de transition thermique brutale séparant ces eaux de surface homogènes et chaudes (près de 30°centigrades) des eaux sous-jacentes froides de températures inférieures à 10° Celsius, s'enfonce à l'ouest créant une pente dynamique Est-Ouest que l'on retrouve dans les 3 océans tropicaux.

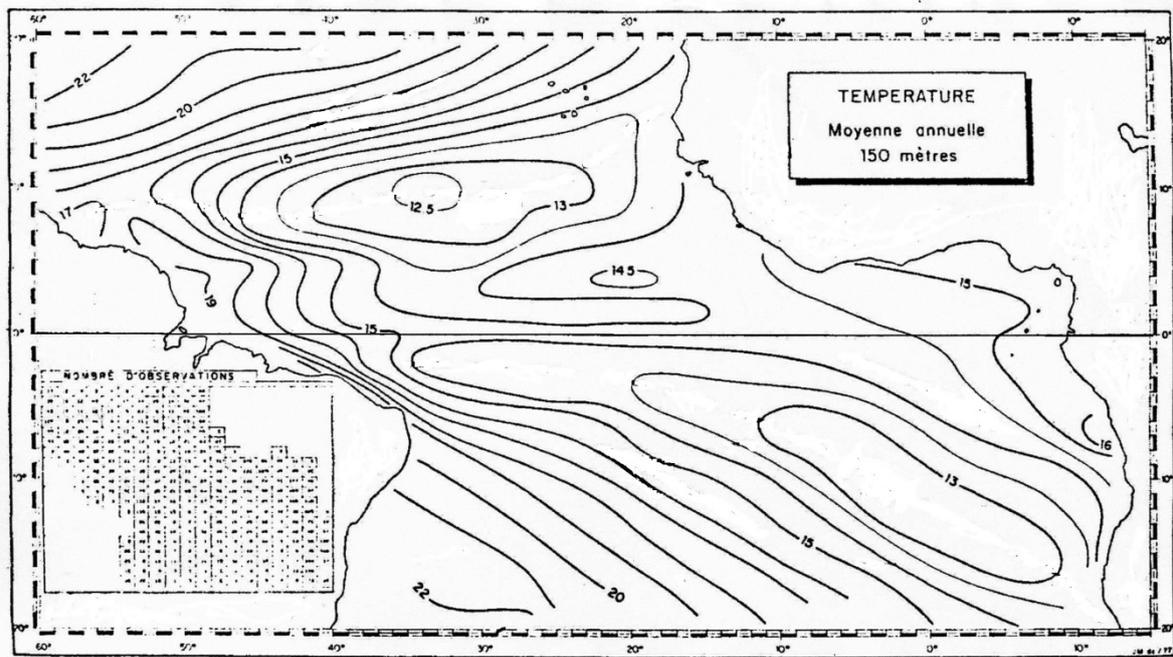


Figure 27 : Un exemple de produits de l'atlas. La température moyenne à 150 mètres de profondeur.

Mais le résultat nouveau que cette analyse des données historiques apportait et qui intéressa nos collègues américains et plus particulièrement les théoriciens, montrait que la thermocline oscille saisonnièrement en phase avec le vent à l'échelle de l'ensemble du bassin tropical Atlantique. Ce résultat expérimental, fondé seulement sur une analyse des observations disponibles, était conforme aux résultats d'un modèle théorique élaboré indépendamment par deux chercheurs américains, *Mark Cane* et *Edward Sarachik* (Fig. 28). Ils proposèrent une théorie générale de la dynamique équatoriale dans une série d'articles très remarquables dans les années 1980. Les observations confirmaient la théorie.

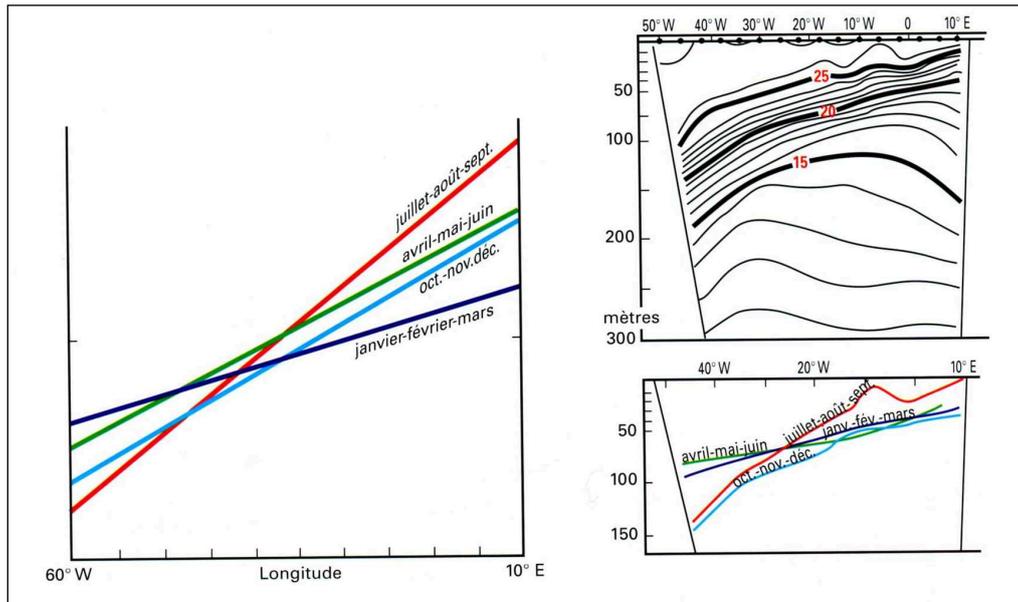


Figure 28 : En haut à droite une coupe équatoriale de la température montrant l'approfondissement de la thermocline à l'ouest. En bas l'oscillation saisonnière de cette thermocline autour d'un point pivot vers 30° W. A gauche le modèle théorique de *Cane* et *Sarachik* montrant aussi cette oscillation saisonnière.

Les résultats de ce travail furent présentés au cours de l'été 1976 à l'occasion d'une *summer school* rassemblant de nombreux océanographes tropicalistes à la *Scripps Institution of Oceanography* en *Californie*. J'ai attiré l'attention par la présentation des images que j'avais obtenues montrant pour la première fois les variations saisonnières des couches supérieures du bassin tropical Atlantique dans son ensemble. On pouvait « voir », sinon encore comprendre, la réponse globale d'un tel bassin océanique à l'action de l'atmosphère. L'inclinaison est-ouest de la thermocline était corrélée avec l'intensité du vent qui lui-même présentait un cycle saisonnier marqué. La thermocline s'approfondissait à l'ouest en été boréal (Juillet–octobre) tandis qu'elle s'approchait de la surface à l'est dans le *Golfe de Guinée* sous l'effet d'alizés puissants poussant les eaux de surface en direction de l'ouest. Au contraire en hiver boréal, de janvier à mai, soumise à des alizés plus faibles, la thermocline était presque horizontale d'est en ouest. Ces mouvements saisonniers donnaient ainsi l'impression d'une oscillation de la thermocline autour d'un point pivot situé vers le milieu du bassin, 30° W, déplaçant

d'énormes quantités de chaleur du *Brésil* au *Golfe de Guinée* et vice et versa (Fig. 28).

Par ailleurs, toujours au cours de cette *summer school* de la *Scripps*, l'attention des participants fut attirée par les surprenantes observations obtenues dans le *Golfe de Guinée* et à l'équateur au cours de l'expérience internationale GATE, dont j'ai rendu compte précédemment. Les variations de température de surface de l'océan au cœur de l'*upwelling* équatorial (centré sur 10° W) et de l'*upwelling* côtier le long de la *Côte d'Ivoire* n'étaient pas liées aux fluctuations du vent local ; mais au contraire les oscillations périodiques de température de ces 2 régions assez éloignées (500 kilomètres) paraissaient corrélées tout en étant décalées d'environ 45 jours (l'*upwelling* équatorial précédant l'*upwelling* côtier).

L'idée que des propagations d'ondes pouvaient être le lien interne de ces phénomènes, que les vents locaux n'expliquaient pas, germa d'autant plus aisément que dans l'océan Pacifique le phénomène El Niño venait de trouver un début d'explication, à l'époque très convaincante, par une action du vent plus à l'ouest. *Moore* et *Philander* (1977), déjà cités, avaient fait la théorie de ces ondes. Un vent impulsional sur le bord ouest du bassin équatorial Pacifique générerait une *onde de kelvin*³³ qui, piégée à l'équateur, se propageait en direction de l'est et perturbait suffisamment la thermocline pour expliquer les anomalies thermiques constatées à la côte. Cette théorie apparaissait d'autant plus séduisante qu'un autre américain, déjà cité, *Klaus Wyrtki* (1975), avait montré que l'apparition des eaux chaudes caractéristiques d'El Niño le long des côtes de l'*Équateur* et du *Pérou* dans le Pacifique était précédée quelques mois auparavant d'un affaiblissement soudain des alizés sur le Pacifique ouest.

Le même mécanisme fut donc imaginé pour l'Atlantique et nous avons publié, avec sept autres auteurs américains et français, un article faisant cette hypothèse fondée sur les observations à l'équateur et à la côte déjà évoquées antérieurement (Document 12). Dans le même temps, en 1978, *James O'Brien* et ses collègues adaptèrent à l'Atlantique un modèle linéaire très simple prenant en compte le mécanisme générateur d'ondes qu'ils avaient proposé pour le Pacifique. Ils trouvèrent bien un décalage temporel théorique, entre le passage de l'onde affectant l'*upwelling* équatorial (à 10° W) et l'*upwelling* de *Côte*

³³ Les ondes de Kelvin, du nom de *Lord Kelvin* un physicien anglais du XIXème siècle, se propagent le long d'une frontière océanique qui peut être une côte mais aussi l'équateur. Elles peuvent être excitées par toutes les perturbations affectant l'océan, telles que des fluctuations brutales du vent. Elles sont importantes dans la propagation et le développement du phénomène El Niño.

d'Ivoire, compatible avec ce que les observations suggéraient. Dès lors la théorie du *remote forcing* par une génération d'ondes dues à des sautes brutales du vent devenait crédible.

C'est alors que surgit une querelle scientifique qui partagea la communauté des océanographes tropicalistes américains et eut également des retentissements dans la communauté française. Il y avait ceux, qualifiés de *naïfs* (*Gullible* en anglais) par les autres, qui proclamaient que cette théorie était l'explication principale sinon définitive de la variabilité de la température de surface des régions équatoriales orientales qui se manifestait par les réchauffements et refroidissement du Pacifique oriental au large du *Pérou* et de l'*Équateur*, universellement connu sous le nom de El Niño ou encore ENSO. Il y avait aussi ceux, se qualifiant de *sceptiques* (*skeptical* en Anglais), qui apportaient des explications alternatives à ces observations et qui pensaient que le bassin intertropical, dans son ensemble, et pas seulement l'équateur, devait être considéré dans sa réponse à l'action locale et lointaine, en un mot globale, du vent. L'échange thermodynamique local ne devait pas non plus être complètement négligé. L'ambiguïté du paramètre température de surface, caractérisant à la fois l'atmosphère et l'océan, pour rendre compte de la réponse de l'océan à l'action lointaine du vent était également soulignée par ces « sceptiques ».

Je dois avouer, sans fierté, que j'avais un pied dans chaque camp étant co-auteur des articles démontrant un *remote forcing* dans l'Atlantique³⁴ qui était incontestable, mais je restais néanmoins sceptique vis-à-vis d'un mécanisme aussi simple susceptible d'expliquer définitivement et partout le déconcertant phénomène des *actions à distance* encore appelées *téléconnexions* ou *remote forcing* en anglais par les météorologues de l'époque.

C'est encore *George Philander* qui, bien que clairement dans le camp des « sceptiques », apaisa la querelle. Dans un article resté célèbre (1986), il montra, avec un modèle, que tout dépendait de la façon dont le vent variait. Un vent variant rapidement, en régime impulsionnel, pouvait générer des ondes océaniques³⁵, ce qui est fréquemment le cas dans le Pacifique. Au contraire, un vent variant lentement pouvait permettre à l'océan de s'ajuster régulièrement et

³⁴ Ces articles me valurent un communiqué de presse du CNRS et une note de l'agence *France-Presse* qui fut repris sur deux pages par le magazine hebdomadaire *Le Point* (Chapitre VII, Document 30) et le quotidien britannique *Times* (Document 29).

³⁵ Comme lorsque l'on jette une pierre à la surface d'un étang tranquille.

en phase sans générer d'ondes, ce qui est plus fréquemment observé dans l'Atlantique. Il conclut cette polémique en montrant que pour comprendre le comportement des océans tropicaux soumis à l'action mécanique du vent, il fallait considérer la réponse globale de l'océan à l'action globale du vent. Il affirma aussi, en passant, qu'il fallait se garder de l'illusion de pouvoir apporter rapidement une réponse définitive à une question mettant en œuvre le vent dans des mécanismes aussi complexes qui, au-delà d'une action purement mécanique, l'impliquait aussi dans l'échange thermodynamique à l'interface.

Il fut donc décidé par certains d'entre nous, américains et français, de regarder plus en détail la réponse superficielle de l'océan intertropical (principalement la profondeur de la thermocline) dans son ensemble, de la comparer au vent global et d'essayer de comprendre quels étaient les mécanismes physiques dominants responsables de cette réponse. Ce sont ces considérations et ces questionnements qui furent les fondements de deux programmes joints : SEQUAL pour les américains et FOCAL pour les français, qui émergèrent quelques années plus tard et seront présentés plus loin.

L'escapade Américaine (1978 - 79)

Les résultats présentés à l'école d'été de la *Scripps* en 1976 me valurent une invitation de la part de *Kurk Brian* à venir poursuivre mon travail sur les données historiques au GFDL à *Princeton* avec les moyens informatiques et les données du NODC. Je tentais de convaincre l'ORSTOM de faire cet investissement intellectuel et de me permettre de suivre cette filière américaine. Mais la réponse de l'ORSTOM fut négative et *Kurk Brian* confia ce travail à un jeune chercheur américain, *Sydney Levitus*, qui s'acquitta magnifiquement de cette tâche et devint la référence internationale incontournable pour l'étude des données historiques maintenant accessibles grâce aux ordinateurs. Néanmoins deux ans plus tard, l'ORSTOM accepta que je rejoigne le CIMAS (*Cooperative Institut for Marine and Atmospheric Studies*) un institut associant l'université de *Miami* (*Rosenthal School of Marine and Atmospheric Studies – RSMAS*) avec un laboratoire de la *NOAA* très connu : L'AOML (*Atlantic Oceanographical and Meteorological Laboratory*). L'orientation tropicale du groupe de *Miami* sur un thème scientifique dédié aux interactions océan-atmosphère justifiait plus facilement pour l'ORSTOM cette affectation américaine, bien qu'elle soit moins

prestigieuse que celles des universités du Nord-Est, comme *Princeton*, *MIT* ou *Woods Hole* dans le *Massachusetts*.

L'objectif de mon séjour à *Miami* était de poursuivre l'analyse des données de l'Atlantique tropical, que j'avais entrepris un peu solitairement à *Brest*, tout en profitant aux *États-Unis* d'un environnement scientifique beaucoup plus stimulant. Muni d'un visa H 1, difficile à obtenir mais me permettant de travailler localement, je suis arrivé à *Miami* en février 1978. J'étais en partie rémunéré par l'Université de *Miami*, j'avais un programmeur à ma disposition et bien évidemment un ordinateur plus puissant que celui du BNDO à *Brest*, mais surtout l'atmosphère créée sur place par les collègues scientifiques, météorologues et océanographes qui m'entouraient était plus stimulante intellectuellement que ce que j'avais pu connaître en *France* et bien sûr dans la *République Populaire du Congo*. A titre d'illustration, je peux rapporter que ma surprise fut grande de constater qu'en *Amérique* les « pauses café » étaient nombreuses et se prolongeaient beaucoup plus longtemps qu'en *France*, mais les débats auxquelles elles donnaient lieu étaient très différents des deux cotés de l'Atlantique. Du coté américain, ces séances café étaient presque exclusivement scientifiques et suivies avec grande attention par tous ceux qui cherchaient à glaner des idées ; c'était très différent des pauses café à la française que j'avais pu connaître à *Brest* où la science était loin d'avoir la priorité dans les conversations !

Au CIMAS, j'ai travaillé sur les données historiques de l'Atlantique tropical pendant presque 18 mois dans l'environnement de l'université de *Miami* et du AOML, le laboratoire de la NOAA dédié à l'étude des interactions océan-atmosphère. Il y avait aussi à *Miami* un *hurricane center*, leader mondial incontesté dans l'étude des cyclones. Cet ensemble d'institutions créait un environnement intellectuel très favorable au brassage d'idées et à l'élaboration de projets nouveaux. La question du changement climatique commençait à prendre sa place sur le devant de la scène scientifique, poussée par les résultats récents des travaux de l'association d'un météorologue, *Thomas Vonder Haar*, de l'université du *Colorado* et d'un océanographe, *Abraham Oort*, du GFDL. Ces deux auteurs avaient publié depuis 1973 plusieurs articles qui eurent un retentissement considérable et qui sont en partie à l'origine de la prise de conscience par les scientifiques de l'importance de l'océan dans le climat. Ces résultats étaient passionnément discutés à *Miami*, notamment ceux publiés en 1976 qui peuvent être considérés comme fondateurs des recherches sur les relations entre l'océan et le climat, et qui placèrent l'océanographie physique

parmi les disciplines émergentes des sciences de l'environnement. Les deux auteurs montraient que le transport de chaleur méridien opéré par les océans, au moins dans l'hémisphère nord, était en moyenne du même ordre de grandeur que celui de l'atmosphère, mais qu'il était maximal dans les tropiques (de l'ordre de un Péta Watts ou 10^{15} Watts) et soumis à une variabilité saisonnière de grande amplitude : L'été d'un hémisphère alimentant en chaleur l'hiver de l'autre. Pour la première fois, il était montré qu'au-delà de l'importance générale de l'océan dans les mécanismes générateurs du climat et de ses variations, les régions tropicales semblaient jouer un rôle prépondérant au regard de ces phénomènes.

Ces articles suscitèrent une série d'études complémentaires dont celles de *Stefan Hastenrath*³⁶, un météorologue de l'université du *Wisconsin* à *Madison*, qui étendit ces résultats à l'ensemble des océans. J'entrepris alors, en utilisant toujours les données historiques, de faire le bilan thermique de l'Atlantique tropical en comparant l'évolution de son contenu thermique dans la zone équatoriale avec les flux de chaleur échangés à la surface entre l'océan et l'atmosphère. Ces flux avaient été calculés par *Stefan Hastenrath* aidé de son adjoint, *Peter Lamb*. J'ai montré dans une publication (Document 13) dans le principal journal d'océanographie JPO (*Journal of Physical Oceanography*), que dans les tropiques, et plus particulièrement à l'équateur, la chaleur stockée localement n'est pas liée au flux de chaleur qui traverse la surface comme dans les hautes latitudes³⁷. L'échange local à travers la surface explique seulement environ le $1/10^{\text{ème}}$ du changement du contenu thermique local. L'échange thermique à l'interface est donc du second ordre par rapport aux déplacements horizontaux d'eaux, chaudes ou froides, induits par l'action mécanique du vent. C'est le transport thermique, principalement dans le sens zonal, qui détermine le contenu thermique en un point donné de la bande tropicale. Autrement dit encore, c'est la circulation équatoriale et non l'échange thermodynamique local avec l'atmosphère qui détermine le bilan thermique des océans tropicaux, à

³⁶ *Stefan Hastenrath* est un personnage étonnant, né en Hongrie mais d'éducation germanique, parlant couramment six langues, il est à la fois météorologue, océanographe, géologue, hydrologue, glaciologue ; mais presque toujours avec une orientation tropicale, ce qui l'a amené à travailler principalement en Afrique, en Amérique du sud mais aussi sur le plateau tibétain.

³⁷ Dans les moyennes et hautes latitudes on a longtemps considéré que l'océan répondait localement et passivement à une perturbation de l'atmosphère en intégrant lentement les forçages, principalement thermodynamiques, auxquels il était soumis. Ceci avait pour résultat un stockage énergétique local (principalement sous forme de chaleur) et un déstockage en fonction de la saison comme on l'observe dans l'Atlantique nord. Le transport de chaleur par l'océan était considéré comme mineur vis-à-vis de l'échange à travers la surface jusqu'à ce que *Vonder Haar* et *Oort* (1973) le réhabilitent au moins pour les tropiques.

l'opposé des hautes latitudes où au contraire l'échange local avec l'atmosphère détermine l'essentiel du contenu thermique. On possédait ainsi une clé phénoménologique vraisemblable pour expliquer certains aspects du phénomène El Niño affectant le Pacifique en mettant en évidence l'importance du transport zonal de chaleur par les courants ou les ondes équatoriales. Ce résultat, qui prolongeait ses propres recherches, intéressa *Stefan Hastenrath* qui me proposa de poursuivre ce travail avec lui. Nous publiâmes ainsi trois articles qui synthétisaient ce concept fondé sur les données historiques, incluant celles gouvernant l'échange thermodynamique à l'interface sur lesquelles *Hastenrath* avait originellement travaillé (Document 14).

La communauté scientifique américaine des météorologues et des océanographes venait fréquemment faire des séjours à *Miami* surtout pour échapper pendant quelques semaines aux rigueurs climatiques de l'hiver de l'Amérique du Nord-Est. Il s'ensuivait que le groupe de recherche rassemblé à *Miami*, bien que relativement secondaire en taille et en réputation vis-à-vis des grands : *MIT, Woods Hole, Scripps, NCAR, Princeton...*, était cependant un carrefour de rencontres et de débats sur l'actualité de tous les grands sujets de recherche touchant à l'océan et à l'atmosphère. C'est ainsi que je vis passer presque tous les leaders de l'océanographie et de la météorologie américaine et mondiale. Les interactions océan-atmosphère et le rôle de l'océan sur l'atmosphère globale était évidemment un sujet de discussions privilégié. Je peux dire que c'est dans cet environnement que j'ai acquis ma culture océanographique et météorologique et que j'ai pris conscience de ce qu'était le métier de chercheur, pratiqué par des professionnels, qui tranchait avec un certain amateurisme français.

Au delà de ces débats scientifiques et des travaux qu'ils suscitèrent, mon séjour américain a aussi été marqué par ma participation aux grandes réunions nationales américaines qui, à la fin de la décennie 1970, ont rassemblé les océanographes pour débattre des orientations de recherche de la prochaine décennie (la décennie 1980). J'eus la chance d'être convié à ces réunions avec *Eric Kraus*, mon patron du CIMAS, et nous pûmes présenter nos propres propositions de recherche (Document 15) au nom des équipes de recherche de *Miami* mais aussi d'autres équipes américaines ou étrangères, notamment les françaises qui commençaient à manifester leur intérêt pour la région tropicale Atlantique. L'idée principale était d'observer la variabilité du transport thermique méridien dans la zone équatoriale Atlantique, estimée en moyenne

par *Oort* et *Vonder Haar* à un Péta watts (10^{15} Watts), et de rechercher d'éventuelles corrélations entre ce transport thermique méridien et le climat de l'Atlantique nord, *Europe* et *Amérique* incluses.

C'est à la suite de ce séjour aux USA, de mes travaux et de mes propositions de recherche avec la communauté océanographique américaine et française que, en 1981, je fus nommé par le SCOR et la COI membre du CCCO (*Committee on Climatic Changes and the Ocean*). Ce comité a été créé en 1979 et placé sous la présidence de *Roger Revelle*, ancien directeur de la *Scripps* et un des personnages centraux de la question climatique déjà mentionné précédemment. Mais avant de traiter mon implication dans le volet international de la planification des recherches océanographiques pour le climat, je dois mentionner la coopération franco-américaine exemplaire, déjà évoquée, qui se déploya dans deux programmes, un programme américain SEQUAL et un programme français FOCAL qui joignirent leurs objectifs et leurs efforts dans l'Atlantique tropical. Cette coopération, résultant directement des contacts que j'avais pu nouer au cours de mon séjour américain tout en s'inscrivant dans l'organisation des projets de recherche français des années 1980, est présentée au chapitre suivant.

**DOCUMENT 10 : La couverture du numéro spécial de « Deep Sea
Research » dédiée au programme GATE**

DEEP-SEA RESEARCH
PART A
OCEANOGRAPHIC RESEARCH PAPERS

Editor:
FRANCIS A RICHARDS
SEATTLE, USA

Emeritus Editor:
MARY SWALLOW

Founder Editor:
MARY SEARS

SUPPLEMENT II TO VOLUME 26

GATE
VOLUME 2
EQUATORIAL AND A-SCALE
OCEANOGRAPHY

Guest Editor:
WALTER DÚING
Professor of Oceanography
UNIVERSITY OF MIAMI, MIAMI, FLORIDA, USA

CONTENTS

W. DÚING	Preface
G. PHILANDER and W. DÚING	1 The oceanic circulation of the tropical Atlantic, and its variability, during GATE
T. N. KRISHNAMURTI and R. KRISHNAMURTI	29 Surface meteorology over the GATE A-scale
S. HELLERMAN	63 Charts of the variability of the wind stress over the tropical Atlantic
J. MERLE, M. FIEUX and P. HISARD	77 Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperature in the eastern equatorial Atlantic ocean

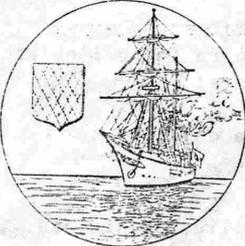


PERGAMON PRESS

OXFORD NEW YORK TORONTO PARIS FRANKFURT SYDNEY

DOCUMENT 11 : Séminaire à l'Institut Océanographique³⁸ sur l'action de l'océan sur l'atmosphère

Tél. 033-16-07



INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE
Fondation ALBERT 1^{er}, Prince de Monaco
RECONNU D UTILITÉ PUBLIQUE

195, Rue Saint-Jacques
75005 PARIS

Jeudi 27 janvier 1977

ACTION DE L'OCEAN SUR L'ATMOSPHERE

L'Océanographie Physique dans les expériences océan-atmosphère
à grande échelle

Séminaire animé par Jacques MERLE
Maître de Recherche à l'O.R.S.T.O.M.

Les programmes d'études conjointes océan-atmosphère à grande échelle sont en plein développement. Le plus important de ceux-ci: le projet GARP (Global Atmospheric Research Program) mobilise des moyens considérables fournis par les principaux pays développés ; ses objectifs sont très ambitieux et intéressent l'humanité toute entière:

- Faire une prévision météorologique à longs termes
- Etablir les bases physiques du climat

Dans ces études le rôle de l'océan apparaît de plus en plus crucial en fournissant des paramètres indispensables à une prévision analytique.

Prévoir le temps avec plus de certitude et apprécier les tendances climatiques contemporaines offre peut-être à l'océanographie physique l'occasion et les moyens d'entamer véritablement l'étude synoptique de l'océan.

Aux Etats-Unis plus de 250 océanographes physiciens de bon niveau et même réputés ont des programmes de recherche en relation avec le GARP. En France ces études de caractère pluridisciplinaires, plurinationales, à grandes échelles et à grands moyens, sont plutôt ignorées et même considérées avec scepticisme.

Le but de cette journée sera de cerner la réalité de ces grands projets, d'en apprécier l'intérêt concret pour le développement de l'océanographie physique, et de considérer quelques uns des thèmes actuels de recherche dans le domaine de l'interaction mer-atmosphère à grande échelle.

³⁸ C'est à ce séminaire que le professeur *Henri Lacombe* refusa de participer déclarant que je me trompais lourdement en recherchant des actions de l'océan sur l'atmosphère. Le professeur *Pierre Morel*, au contraire, y participa activement avec sa verve coutumière.

DOCUMENT 12 : Première page d'un article fondateur entre américains et français mettant en évidence des actions à distance (*Remote forcing*) dans l'Atlantique tropical.

EQUATORIAL ADJUSTMENT IN THE EASTERN ATLANTIC

¹Dennis Moore, ²Philippe Hisard, ¹Julian McCreary, ³Jacques Merle, ⁴James O'Brien, ⁵Joël Picaut, ⁶Jean-Marc Verstraete, and ⁷Carl Wunsch.

¹Ocean Sciences Center, Nova University, Dania, Florida 33004; ²Centre Recherches Oceanographiques, C.R.O., Abidjan, Ivory Coast Rep.; ³CIMAS, University of Miami, Miami, Florida 33149; ⁴Department of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306; ⁵Laboratoire d'Océanographie Physique, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France; ⁶Antenne Orstom C.O.B., Brest, France; ⁷Department of Earth & Planetary Science, M.I.T., Cambridge, Massachusetts 02139.

Abstract. Observations suggest that the annual upwelling event in the Gulf of Guinea is not associated with changes in the local winds. A possible explanation is that a strong upwelling signal, generated by increased westward wind stress in the western Atlantic, can travel to the eastern Atlantic as an equatorially trapped Kelvin wave. This explanation is analogous to current theories of El Niño in the Pacific Ocean.

Introduction

During the FINE Workshop (FGGE/INDEX/NORPAX Equatorial Workshop, June 27–August 12, 1977) at U.C.S.D., La Jolla, California, the French participants presented data from the equatorial Atlantic and the Gulf of Guinea taken during 1974 (GATE) and 1975. The resulting discussion of these and related data in terms of simple theoretical ideas about equatorial adjustment to time-varying surface winds led to a possible explanation of many of the main features. The primary inputs to the discussion were made by the authors, with occasional comments by other workshop participants.

The data illustrated here are two N-S sections across the equator which were made from the R/V CAPRICORNE at 5°W in January and August, 1975; the time series taken at 0°N, 10°W by Rybnikov from the USSR vessel PASSAT (including moored current meter data subsequently analyzed by Duing); 1974 sea level and SST data at various coastal locations along the Gulf of Guinea (Picaut and Verstraete, personal communication); and the mean sea surface slopes along the equator based on historical data (Neumann, et al., 1975). Basic ideas about baroclinic equatorial adjustment in the ocean, in the presence of continental boundaries, are contained in Moore (1968); Lighthill (1969); O'Brien and Hurlburt (1974); Hurlburt et al. (1976); McCreary (1976); Moore and Philander (1977); and Cane and Sarachik (1976, 1977).

Observations

Figure 1 (a,b) shows the temperature and zonal velocity data obtained by Hisard at 5°W in January, 1975. Note the strong eastward undercurrent with maximum velocity in excess of 120 cm/sec at 70 meters depth. There is a marked depression of the 15°–20°C isotherms in

the vicinity of the undercurrent core. The zonal velocity at the surface near the equator is westward and relatively weak (10–20 cm/sec). Figure 2 (a,b) shows the same data for August, 1975. The undercurrent is weaker and shallower, with a maximum velocity of ~80 cm/sec at 40 meters depth. The 16°–21°C isotherms now show a marked upward bowing in the vicinity of the undercurrent. The westward surface flow at the equator is much stronger (60–100 cm/sec). It is clear from comparing the January and August data that a significant change has occurred in the equatorial temperature and flow fields at 5°W during the intervening period.

Figure 3 (a) shows the time series of SST observed at 0°N, 10°W by the PASSAT during 27 June–16 July, 27 July–15 August, and 29 August–19 September, 1974. Figure 3 (b) is the time series of zonal velocity as a function of depth from moored current meters at the same location, for the entire period, 24 June–13 September. There is a marked drop (~2°C) in SST between 6 July and 9 July. There is also an upward shift in the core of the undercurrent, starting perhaps as early as 28 June. We hypothesize that the upward motion of the undercurrent and the appearance of cold water at the sea surface are associated with an upwelling event. The vertical migration of the undercurrent core begins before the

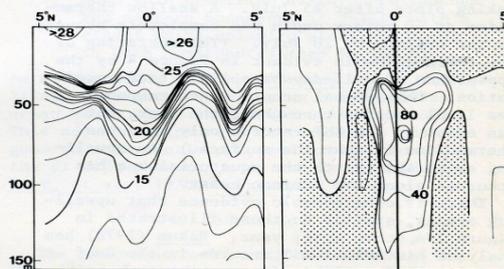


Fig. 1 (a). Temperature (°C) as a function of latitude and depth at 5°W in January, 1975.

Fig. 1 (b). Zonal velocity (cm/sec⁻¹) as a function of latitude and depth at 5°W in January, 1975. The unmarked contour of the core of the Undercurrent is 120 cm/sec⁻¹. Currents are measured relative to 300 meters.

Copyright 1978 by the American Geophysical Union.

DOCUMENT 13 : Première page d'un article présentant le bilan thermique de l'océan Atlantique équatorial

Seasonal Heat Budget in the Equatorial Atlantic Ocean

J. MERLE

Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, Miami, FL 33149
and ORSTOM, BP: 337, Brest, France

20 April 1979 and 20 October 1979

ABSTRACT

The local seasonal variations of heat content in the equatorial Atlantic Ocean are found to be about ten times larger than the seasonal variations of the heat gain from the atmosphere through the surface, and are not confined to the upper mixed layer. This annual cycle of heat content appears to be mainly due to vertical movements of the thermocline associated with the dynamical response of the ocean to the seasonally varying winds. The heat storage variance is large in the western equatorial Atlantic where the sea surface temperature variance is small because the thermocline is deep. In the eastern equatorial Atlantic, where the thermocline is shallow, the sea surface temperature has a large variance and the heat storage a small variance.

1. Introduction

Heat balance studies appear as one of the most promising ways for looking at the influence of the ocean on climate. Recent investigations have drawn attention to the importance of the meridional oceanic heat transport occurring at low latitudes and its influences on the global heat balance (Oort and Vonder Haar, 1976). These investigators pointed out the large seasonal variations of the rate of heat storage by the oceans in the tropics. Phase differences between different parts of the tropical oceans suggest a redistribution of heat by seasonal changes of the equatorial current system. Direct estimates of the various components of the heat fluxes through the air-water interface permit computation of the net heat gain by the oceans in the Atlantic (Hastenrath, 1977; Hastenrath and Lamb 1977, 1978; Bunker and Worthington, 1976). Large seasonal variations in net heat flux have also been observed in the tropics but an almost permanent area of maximum heat gain is observed in the equatorial strip (Fig. 1).

The equatorial Atlantic is one of the best documented regions as far as hydrographic observations are concerned so that we can obtain a rea-

sonable estimate of the seasonal variability of its heat content. The basic conservation law of heat for a water column is

$$F_{AO} = \text{DIV}(T_H) + \Delta HS$$

where F_{AO} is the net heat flux through the air-ocean surface, T_H the oceanic heat transport and ΔHS the time rate of change of heat content. We can compute $\text{DIV}(T_H)$ as a residual term knowing F_{AO} and ΔHS .

The purpose of this preliminary study is to investigate the seasonal variations of heat content in the equatorial Atlantic Ocean, and by using the results of Hastenrath and Lamb (1978) for F_{AO} , to estimate some aspects of the divergence of the heat transport at the low latitudes in the Atlantic Ocean.

2. Data

We use the Nansen data file archived by the U.S. NODC. The space and time distribution of the data can be found in Merle (1978). Monthly mean temperatures in boxes of 4° of longitude and 2° latitude are considered. Heat content is computed with reference to standard levels. For missing data in some boxes, linear interpolation from month to month and from adjacent boxes is applied.

As shown in Fig. 2 the 6°N – 6°S equatorial area is divided into a western region (from the Brazilian coast to 32°W) and an eastern region (from the African coast to 20°W). In addition, we consider the entire zonal region from Brazil to Africa, divided into the bands 0 – 6°N , 0 – 6°S and 6°N – 6°S . In each of the 2° latitude strips (defined in Fig. 2) and for each month about ten to several hundred data are available. Data-sparse are found in the southwest

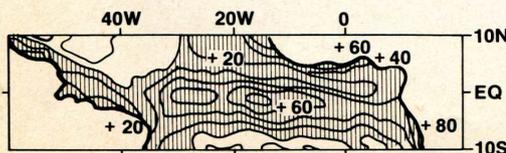


FIG. 1. Mean annual net oceanic heat gain (W m^{-2}). After Hastenrath and Lamb (1978, chart 83).

DOCUMENT 14 : Première page d'un article avec *Stéfan Hastenrath* sur la structure thermique tropical Atlantique.

1518

JOURNAL OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY

VOLUME 17

Annual Cycle of Subsurface Thermal Structure in the Tropical Atlantic Ocean

STEFAN HASTENRATH

Department of Meteorology, University of Wisconsin, Madison

JACQUES MERLE

ORSTOM/LPDA, University of Paris VI

(Manuscript received 8 October 1985, in final form 9 December 1986)

ABSTRACT

The subsurface thermal structure in the tropical Atlantic Ocean (30°N–20°S, East of 80°W) is studied on the basis of an extensive data bank of subsurface soundings. Calendar monthly maps are presented showing mixed layer depth, base of thermocline, thermocline thickness, and vertical temperature gradient across the thermocline. These maps are complemented by vertical cross sections depicting mixed layer depth, base of thermocline, and selected isotherms; a zonal profile along the equator (50°W–10°E), a meridional transect across the Eastern Atlantic (4°N–18°S), and a meridional section across the Central Atlantic (30°N–18°S).

The basinwide subsurface thermal structure is dominated by the annual cycle of the surface wind field with extrema around April and August. The mixed layer is relatively shallow between 20°N and 10°S, with overall greater depth in the western as compared to the eastern portion of the basin. Two systems of annual cycle variation of mixed layer depth stand out. (i) Along the equator, the mixed layer depth increases from around April to about August, with largest variations to the west, in direct response to the annual variation of the zonal wind component in the equatorial zone. (ii) In the North Equatorial Atlantic, a northward migration of a band of shallowest mixed layer is apparent from April to August, broadly concordant with the seasonal migration of the confluence zone between the northeast trades and the cross-equatorial airstreams from the Southern Hemisphere. Concomitant with this northward displacement, a belt of maximum mixed layer depth builds up immediately to the north of the equator. The evolution of this trough–ridge structure in mixed layer depth is related to the seasonal reversal of the North Equatorial Countercurrent. Various recent numerical model experiments are in qualitative agreement with the present empirical documentation of the annual cycle of the basinwide pattern of mixed layer depth.

The thermocline is likewise thinnest and most intense in the low latitudes, especially in the eastern portion of the basin, but its spatial pattern and seasonal variations differ from those of the mixed layer. The near-equatorial thermocline structure is characterized by a wide vertical separation of isothermal surfaces at the Equator and extremum zones of thinnest and most intense thermocline at 4°S year round and at 4°N especially in the latter part of the boreal winter semester. It is conjectured that easterly surface winds produce, at the equator, upwelling above and downwelling below the thermocline and the opposite pattern of vertical motion at some distance from the equator, thus leading to the observed thick and weak thermocline at the equator and the isotherm packing around 4°N and S. The marked asymmetry of the surface wind field and the associated wind stress curl pattern within the cross-equatorial airstreams at the height of the boreal summer may be factors for the absence of this extremum zone of thermocline characteristics at 4°N at this time of the year. The comprehensive documentation of subsurface thermal structure presented here is relevant in recent and ongoing empirical and modeling studies of the tropical Atlantic Ocean.

1. Introduction

The role of the tropical oceans in the functioning of the global climate system is increasingly being recognized in national and international planning documents (World Meteorological Organization, 1980, pp. 12–13, 39–41; National Climate Program Office, 1980, p. 46–50; National Academy of Sciences, 1983, p. 10–21; World Meteorological Organization—ICSU, 1983, vol. 1, p. 1–20; Anonymous, 1984), of key importance being the coupling between the lower atmosphere and the upper hydrosphere. In the Atlantic, a background climatology of the surface atmospheric circulation and

oceanic heat budget has been produced nearly a decade ago (Hastenrath and Lamb, 1977, 1978), and this has served as a basis for investigations into the mechanisms of interannual climate variability of various circum-Atlantic regions (review in Hastenrath, 1984).

The time appears ripe to complement these studies of the lower atmosphere by a background climatology of the upper ocean. Important steps in this direction have recently been made by the SEQUAL and FOCAL programs (Anonymous, 1981; Merle, 1980c). An updated bank of subsurface soundings compiled by the French Navy provided the data source for a series of recent empirical analyses (Merle, 1983; Merle and Ar-

DOCUMENT 15 : Première page d'une proposition commune, avec Eric Kraus directeur du CIMAS, pour un programme de recherche sur le transport de chaleur méridien dans l'Atlantique, durant la décennie 1980 -1990

University of Miami

National Oceanic and Atmospheric Administration

CIMAS

Cooperative Institute for Marine and Atmospheric Studies

4600 Rickenbacker Causeway Miami, Florida 33149 Telephone (305) 350-7385

M E M O R A N D U M

July 7, 1978

TO: Distribution List

FROM: Eric B. Kraus and Jacques Merle

SUBJECT: The Study and Modelling of the North Atlantic as a Single System - A Suggestion for Cooperative Oceanic Research in the 1980s.

The importance of the oceans in determining a habitable climate and the need for a better understanding of the large scale oceanic heat flux has already been articulated in the report on "Ocean Research in the 1980s" (Center for Ocean Management Studies, University of Rhode Island, Kingston, RI). The same report also recommends a subtropical gyre experiment and a Gulf Stream experiment. The latter, in particular, is supposed to be concerned specifically with the study of scale interactions and the associated direct or indirect contribution of eddies to the large scale heat transport. We suggest that these and other proposed experiments should be assessed as part of a comprehensive plan which would be directed towards the study and the modelling of the Atlantic as a single system.

Most of us have become convinced (particularly by Oort and Vonder Haar) that the meridional transport of heat in the oceans is largest in the region of the subtropical gyres and that it exceeds the atmospheric transport at latitudes less than 30°. From an ocean climate point of view, one wonders how this

CHAPITRE V

L'Atlantique tropical devient un laboratoire franco-américain

Les réunions destinées à préparer les grandes orientations de la recherche océanographique américaine, avec les répartitions budgétaires afférentes, pour la décennie 1980, auxquelles j'ai eu la chance d'assister, notamment celle qui s'est tenu au *club des explorateurs* à *New York* en octobre 1978, furent marquées par de vigoureuses oppositions, au moins dans les propos échangés, entre les tenants de programmes donnant la priorité à l'océan Pacifique à ceux qui privilégiaient plutôt les océans Atlantique et Indien. Le phénomène El Niño, que l'on commençait à bien connaître par les études détaillées que venait d'en faire plusieurs auteurs américains, déjà cités antérieurement, affectait le vaste océan Pacifique. Il paraissait évident pour une majorité d'océanographes appartenant à aux institutions ouvertes sur le Pacifique et ses bordures (*Scripps*, université d'*Hawaii*,...) qu'il fallait faire porter l'effort principal sur cet océan et sur le phénomène El Niño. Les partisans de l'Atlantique, au contraire, dans une position moins favorable, arguaient cependant que la grande étendue du Pacifique jouait en sa défaveur pour mener un programme d'observation destiné à élucider en détail les mécanismes physiques en jeu à proximité de l'équateur. L'océan Atlantique tropical, moins étendu dans le sens zonal, proche des régions développées de l'Amérique du nord et de l'Europe et influençant directement leur climat, paraissait plus favorable pour une étude poussée des mécanismes physiques affectant les régions tropicales et équatoriales, étant entendu que ces mécanismes étaient supposés être les mêmes dans les deux océans qui ne différaient que par leur taille.

L'Atlantique tropical : un terrain de jeux américain mais aussi français

En fait cette querelle d'océans était évidemment directement liée à la localisation, côte est (Atlantique) côte ouest (Pacifique), des institutions de recherche océanographiques américaines. Et si le Pacifique réussit effectivement à drainer une fraction substantielle des moyens alloués par la NSF (*National Science Foundation*), la NOAA, la NASA et l'ONR (*Office of Naval Research*), l'Atlantique eut sa part sous la pression d'un groupe d'océanographes dynamiques venant des principales institutions scientifiques de la côte est : *Woods Hole, Princeton, Lamont...*, qui se rassembla sous une bannière commune : SEQUAL (*Seasonal Equatorial Atlantic Experiment*) pour élaborer une proposition de recherche intégrée. Très tôt ces « *Atlantistes* » américains comprirent que s'il leur était possible d'entraîner à leur côté un ou des programmes étrangers européens, et pourquoi pas ? Français, ils accroitraient considérablement leur chance d'être sélectionnés et financés par la NSF à laquelle ils s'adressaient.

Il se trouve que de l'autre côté de l'Atlantique la communauté scientifique française des sciences de l'environnement et du climat, tentait aussi de s'organiser dans le cadre d'un plan décennal couvrant les années 1980. Comme déjà noté antérieurement, après un programme dit de *recherche météorologique et climatique*, la DGRST mit en place en 1980 une ASP (*Action Sectorielle Programmée*) *évolution des climats* qui devint en 1981, sous l'impulsion de *Pierre Morel*, le PNEDC (*Programme National de la Dynamique du Climat*) dont il assura la présidence du comité scientifique. *Pierre Morel* agita vigoureusement le milieu scientifique³⁹, ses organismes et les personnalités scientifiques qui se pressaient sous cette nouvelle bannière pour se partager les ressources financières et de personnel que le gouvernement de gauche de l'époque semblait promettre à la recherche. Parmi ces prétendants on trouvait des météorologues modélisateurs d'un nouveau laboratoire, le LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique) et de la Météorologie Nationale, des paléo-climatologues et des sédimentologues marins, des glaciologues, des géographes et aussi des océanographes tropicaux. Tous ne réussirent pas leur

³⁹ *Pierre Morel*, professeur à Paris VI et créateur du LMD, directeur de la recherche au CNES, puis directeur du *World Climate Research Programme – WCRP/PMRC* à l'OMM à Genève, a été la personnalité dominante des sciences de l'atmosphère et du climat en France dans les années 1970 – 90 avant de devenir aux États-Unis le conseiller du directeur de la NASA. Connue pour la vivacité et la pertinence de ses interventions, il avait une formule familière qui le caractérise bien : « Je vais mettre les pieds dans le plat ... et les agiter ! »

examen de passage pour obtenir la « couverture » du PNEDC et être financés, mais les océanographes y trouvèrent leur compte.

C'est dans ce contexte porteur au plan national que j'entrepris de convaincre l'ORSTOM qu'un programme sur la dynamique du système équatorial Atlantique et sa relation avec le climat avait sa place dans notre institut ; les perspectives de développement des pays du Sud dépendent étroitement de l'environnement climatique et de ses accidents, la sécheresse prolongée au Sahel en est un exemple. S'appuyant sur nos acquis scientifiques et nos implantations locales en Afrique, en Amérique du sud et dans le Pacifique, nous étions en situation d'attirer d'autres organismes et d'accéder ainsi à des soutiens financiers nationaux pour des programmes de recherche dans lesquels nous pouvions occuper une position de leader. Aussi la perspective de coupler nos projets à un programme américain sur une cible scientifique commune était très prometteuse. Après des échanges avec nos partenaires américains, un projet de programme du côté français, appelé FOCAL (*programme Français Océan Climat dans l'Atlantique EquatoriaL*), prit corps ; j'en étais l'animateur et le défenseur dans sa phase de soumission au comité scientifique du PNEDC.

Les deux programmes, français et américain, étaient donc susceptibles de se soutenir mutuellement vis-à-vis de leurs agences respectives de financements dans les deux pays. Des rencontres entre les scientifiques américains et français se déroulèrent alternativement aux *États-Unis* et en *France* pendant plus de deux années, entre 1980 et 1982, pour coordonner des objectifs communs incluant des opérations en mer que nous envisagions de mener ensemble.

Des objectifs communs aux deux programmes

Les arguments utilisés pour la promotion de ces programmes tropicaux afin d'obtenir l'adhésion et le financement des décideurs des deux côtés de l'Atlantique étaient solides car, depuis la fin des années 1970, il devenait évident que les régions tropicales recelaient une des clés de la variabilité climatique à l'échelle interannuelle. Trois arguments scientifiques principaux étaient avancés : le premier, on l'a déjà vu, avait trait au transport méridien de chaleur opéré par les océans qui est maximal dans les tropiques comme l'avaient montré *Oort* et *Vonder Haar*. Le deuxième argument tenait à la sensibilité particulière

de l'atmosphère aux anomalies de température de surface des océans tropicaux. Le troisième enfin, était lié au temps de réponse très court de l'océan équatorial à l'action de l'atmosphère déjà évoquée précédemment. Exprimé autrement cette argumentation pouvait se résumer ainsi : « Il existe dans les tropiques des réponses à distance de l'océan à l'action de l'atmosphère (*Remote forcing*), mais, contrairement à ce qui est observé dans les plus hautes latitudes, l'océan tropical répond rapidement et presque en phase à cette action du vent, ce qui induit une réponse globale de l'ensemble du bassin océanique aux forçages combinés locaux et à distance opérés par cette atmosphère ».

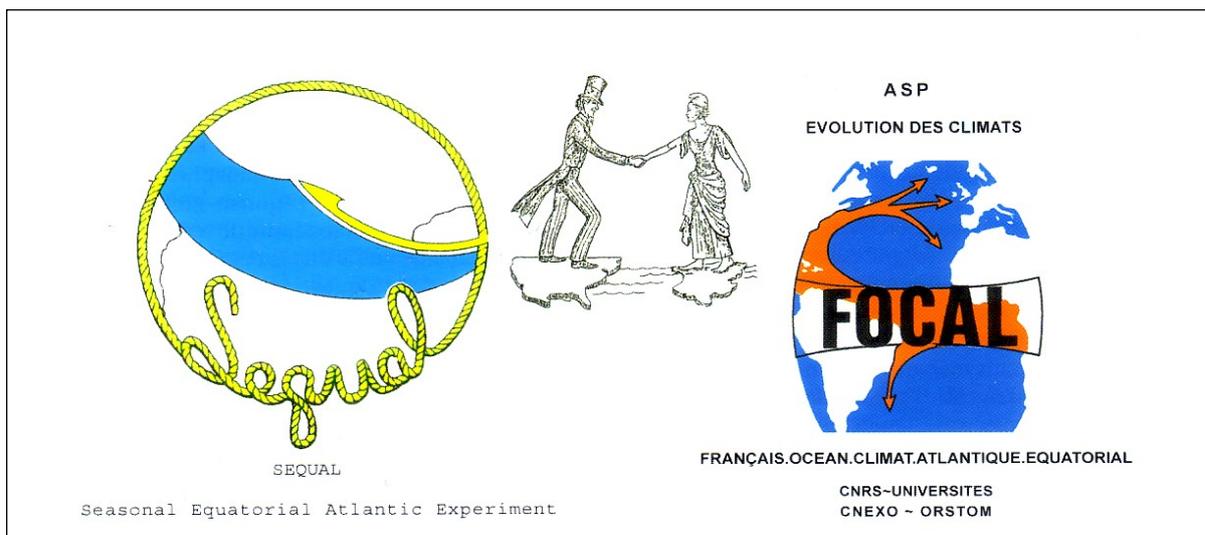


Figure 29 : Les logos des deux programmes joints français (FOCAL) et américain (SEQUAL)

Il importait de vérifier et de chiffrer ces mécanismes sur un océan tropical accessible ce qui privilégiait l'Atlantique. C'était l'objectif général commun des deux programmes associés jusque dans leurs logos ! (Fig. 29).

Au-delà de la querelle sur le *remote forcing*, dont j'ai rendu compte au chapitre précédent, l'objectif de cette coopération passait par l'observation et la compréhension théorique, à l'aide de modèles, de la réponse globale d'un bassin tropical à l'action mécanique du vent, moteur principal de la circulation océanique superficielle. Une telle étude nécessitait l'observation de plusieurs cycles saisonniers de façon à garantir la répétition des mécanismes physiques dominants et, éventuellement, de prendre en compte une variabilité

interannuelle. Américains et Français, nous jetèrent notre dévolu sur l'Atlantique tropical pour les raisons évidentes mentionnées plus haut : c'est un océan plus accessible et compact, trois fois moins étendu dans le sens zonal que l'océan Pacifique, proche des pays développés nord-américains et européens, et déterminant pour leur climat. Par ailleurs, la physique qui sous-tend la dynamique équatoriale est la même dans l'Atlantique et dans le Pacifique, ce qui permet, à partir de l'Atlantique, d'en extrapoler les résultats pour le Pacifique. L'océan Indien avait été exclu, car les phénomènes qui l'affectent sont plus complexes du fait de la proximité de l'énorme continent asiatique qui engendre un phénomène de mousson, masquant la spécificité de la dynamique équatoriale.

Les deux programmes, furent mis sur pied et présentés séparément aux bailleurs américains et français mais leurs promoteurs des deux coté de l'Atlantique annonçaient dans leurs propositions leur coopération mutuelle. Ils furent proposés simultanément en 1982 à leurs agences de financement respectives : La NSF principalement pour les *États-Unis* et le PNEDC pour la *France*. Des deux cotés ils furent immédiatement financés pour une durée de 3 ans. Le financement français était presque au niveau des demandes présentées ce qui permettait d'envisager de réaliser tous les objectifs proposés. Il faut dire qu'en *France* la situation était particulièrement favorable pour la recherche avec l'arrivée en 1983 de la gauche au pouvoir et d'un ministre de la recherche, *Jean-Pierre Chevènement*, qui la défendait vigoureusement et prônait des investissements conséquents notamment en personnel.

FOCAL représentait une synthèse coordonnée de propositions de recherche élaborées par environ 25 chercheurs appartenant à plusieurs organismes de recherche français : CNRS, Universités, CNEXO, ORSTOM qui les finançaient déjà sur leurs propres fonds. Mais, au delà de ces attributions institutionnelles, les principaux financements vinrent de l'ASP *Évolution du climat*, qui devint en 1981 le PNEDC, en fournissant plus de 70% des financements. Les projets français étaient axés principalement sur les observations mais la modélisation numérique n'était pas pour autant absente car à cette occasion elle faisait ses débuts en *France*.

SEQUAL rassemblait les propositions de recherche d'une vingtaine de chercheurs et autant d'ingénieurs et techniciens appartenant aux grandes institutions américaines : *Woods Hole, MIT, Lamont, GFDL (Princeton), Harvard, Université de Caroline du Nord*. Les financements de SEQUAL provenaient principalement de la NSF, mais aussi de la NOAA, de la NASA et

de l'ONR. Leurs programmes étaient axés sur l'analyse des mécanismes physiques et sur le développement de modèles rendant compte de la dynamique océanique équatoriale

Les opérations de mesures à la mer s'échelonnèrent sur deux cycles saisonniers consécutifs de 1982 à 1984, ce qui paraissait suffisant pour éviter un cycle saisonnier anormal. Dans l'Atlantique en effet, le signal saisonnier était supposé dominer la variabilité interannuelle, à l'inverse du Pacifique où El Niño, phénomène typiquement interannuel, était dominant. La précaution d'observer deux cycles saisonniers dans l'Atlantique fut très judicieuse car, par un hasard à la fois malheureux et heureux, les cycles saisonniers des années 1983 et 1984 furent très différents. En 1984, on observa dans l'Atlantique un événement chaud exceptionnel tout à fait semblable à un El Niño⁴⁰ du Pacifique. L'année 1983 au contraire fut une année « normale » dans l'Atlantique. On a pu ainsi, par comparaison, dissocier la variabilité saisonnière de la variabilité interannuelle.

Les objectifs communs plus détaillés de SEQUAL et de FOCAL visaient en priorité à : (1) Observer l'évolution du champ de densité par des campagnes hydrologiques répétées à chaque saison. (2) Décrire avec précision les variations des courants de surface à l'aide de bouées dérivantes. (3) Analyser la variabilité à toutes fréquences (y compris les plus hautes) du système équatorial par des mouillages profonds. (4) Observer l'évolution de la topographie dynamique de la surface de l'océan à l'aide d'un réseau de marégraphes et d'écho-sondeurs inversés. (5) Déterminer les champs de vent à partir des observations des navires de commerce et des satellites. (6) Enfin et surtout, modéliser la réponse de l'océan à l'action du vent, sous ses différents aspects.

Les opérations et l'organisation des deux programmes

Les deux programmes, développés conjointement, comportaient des opérations en mer qui furent menées de juillet 1982 à juillet 1984 (Figs. 30 et 31), et des investigations théoriques par modèles. Les opérations en mer impliquaient plusieurs dispositifs :

⁴⁰ El Niño de 1982-1983 dans le Pacifique a été l'un des plus puissants du siècle, occasionnant un rebond dans l'Atlantique en 1984 marqué par cet événement chaud exceptionnel avec une année de décalage.

(1) Des observations thermiques de surface et de sub-surface utilisant des navires d'opportunité, furent réalisées sous la responsabilité de *François Jarrige* pour l'ORSTOM. Les lignes régulières de navires marchands sont des supports utilisables et peu coûteux pour observer la structure thermique des 500 premiers mètres de l'océan et évaluer les variations de son contenu thermique. Les équipages acceptent de lancer régulièrement depuis leur navire des sondes thermiques perdues appelées XBT (*Expendable Bathy-Thermograph*) permettant d'obtenir un profil thermique. Du côté français (FOCAL) un tel réseau de navires de commerce sélectionnés a fonctionné à partir du *Havre* sous la responsabilité conjointe de l'ORSTOM et de la Météorologie Nationale et avec le soutien financier du CNEXO pour l'achat des équipements. Du côté américain (SEQUAL) une ligne de navigation traversant l'Atlantique depuis un port américain de la côte est jusqu'au *Cap en Afrique du sud* a été équipée dans le cadre d'un contrat d'association entre « *Woods Hole* » (l'institut océanographique américain de la côte est) et l'ORSTOM.

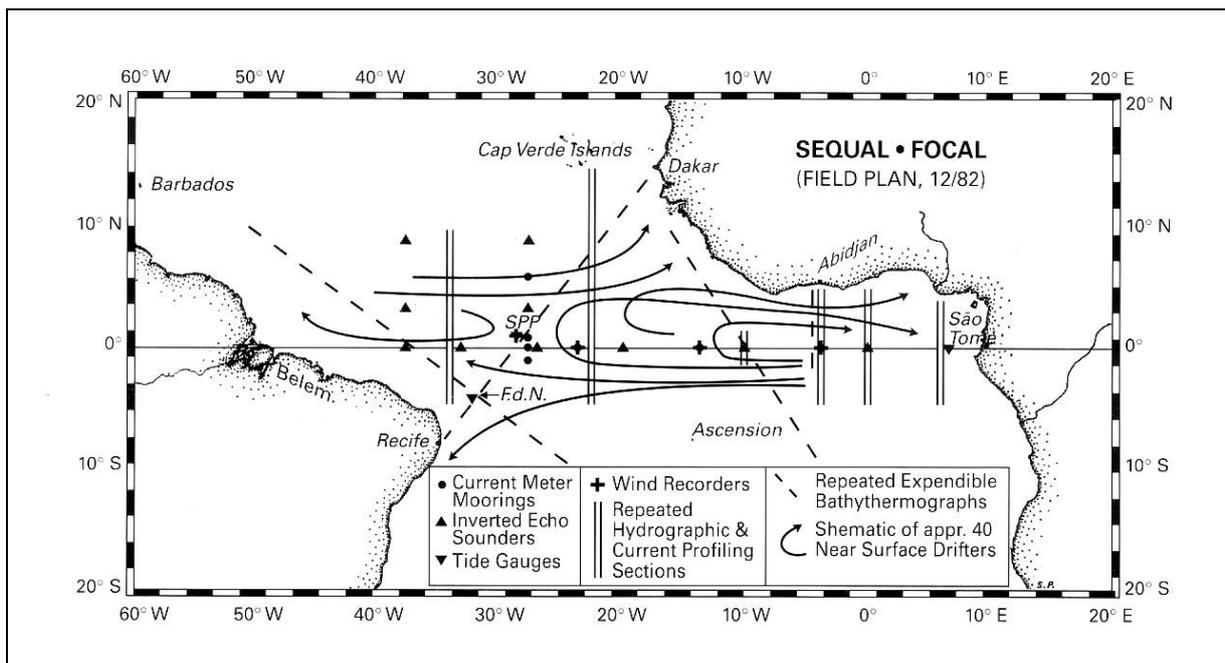


Figure 30 : Les opérations en mer FOCAL et SEQUAL telles que présentées par les américains

(2) Des observations du niveau moyen océanique par un réseau de marégraphes disposés sur les îles, peu nombreuses mais bien placées vis-à-vis des grands courants de l'Atlantique tropical (*Cap Vert, Ascension, St Hélène, Sao Tome, Rocher St Paul*) et sur les côtes africaines et Brésiliennes, étaient

placées sous la responsabilité de *Jean-Marc Verstraete* de l'ORSTOM. Ces observations du différentiel de niveau moyen entre deux stations d'observations sont un indicateur des variations du contenu thermique et du transport de masse par les courants. La coopération avec SEQUAL s'est manifestée par des opérations communes pour l'installation et la maintenance de ces marégraphes. Par ailleurs des écho-sondeurs inversés mesurant avec précision la pression au fond de l'océan exercée par la colonne liquide et permettant le calcul du champ de pression et le niveau moyen, ont été mis en place par *Eli Katz* et son équipe du *Lamont* dans le cadre de SEQUAL.

(3) Des observations directes du champ de masse et du champ de courants par des campagnes hydrologiques saisonnières (trimestrielles) traversant l'Atlantique tropical le long de plusieurs méridiens étaient sous la responsabilité de *Philippe Hisard* pour FOCAL. Huit campagnes au total ont été réalisées avec deux navires : le « Capricorne » à partir de *Dakar* et le « André Nizery » à partir d'*Abidjan*.

(4) Des mouillages en points fixes, sous l'impulsion de *Christian Colin* de l'ORSTOM permettaient d'observer la variabilité à haute fréquence de la circulation dans deux régions clés : A) entre le Brésil et 10° N le long du méridien 30° W où se situent les variations de vent les plus importantes susceptibles de générer des ondes équatoriales ; B) le long de l'équateur dans le *Golfe de Guinée* à 16° W et 4° W où les phénomènes de propagation d'ondes piégées sont les plus probables. La technologie des mouillages était celle des bouées ATLAS déployées dans le Pacifique par l'équipe de *David Halpern* de SEQUAL.

(5) Des lâchers de bouées dérivantes pour tracer la circulation superficielle. C'était une technologie américaine déployée par SEQUAL.

(6) Une étude du vent était réalisée dans un programme commun sous l'impulsion de *Yves Tourre* de l'ORSTOM pour FOCAL et *Vince Cardone* du *Lamont* pour SEQUAL.

(7) Des études de données historiques résultant des programmes antérieurs étaient menées dans cette région. J'étais très impliqué dans ce travail qui avait déjà donné des résultats intéressants et prometteurs. A partir de 1982 ces activités ont été intégrées dans le programme FOCAL. A noter que *Jacques Servain* de l'*Université de Bretagne Occidentale* initia dans ce cadre un traitement des données historiques du vent et de la température de surface de l'ensemble de l'Atlantique qui permit la mise en évidence d'actions à distance (*Remote forcing*) et de réaliser des prévisions météorologiques à long terme

(prévision saisonnière) dans cette région du monde (voir plus loin Fig. 33). Ces résultats, couplés avec ceux que j'avais obtenus donnèrent lieu à des commentaires dans la presse française et britannique à la suite d'une note de presse diffusée par le CNRS (Voir chapitre VII, Document 31).

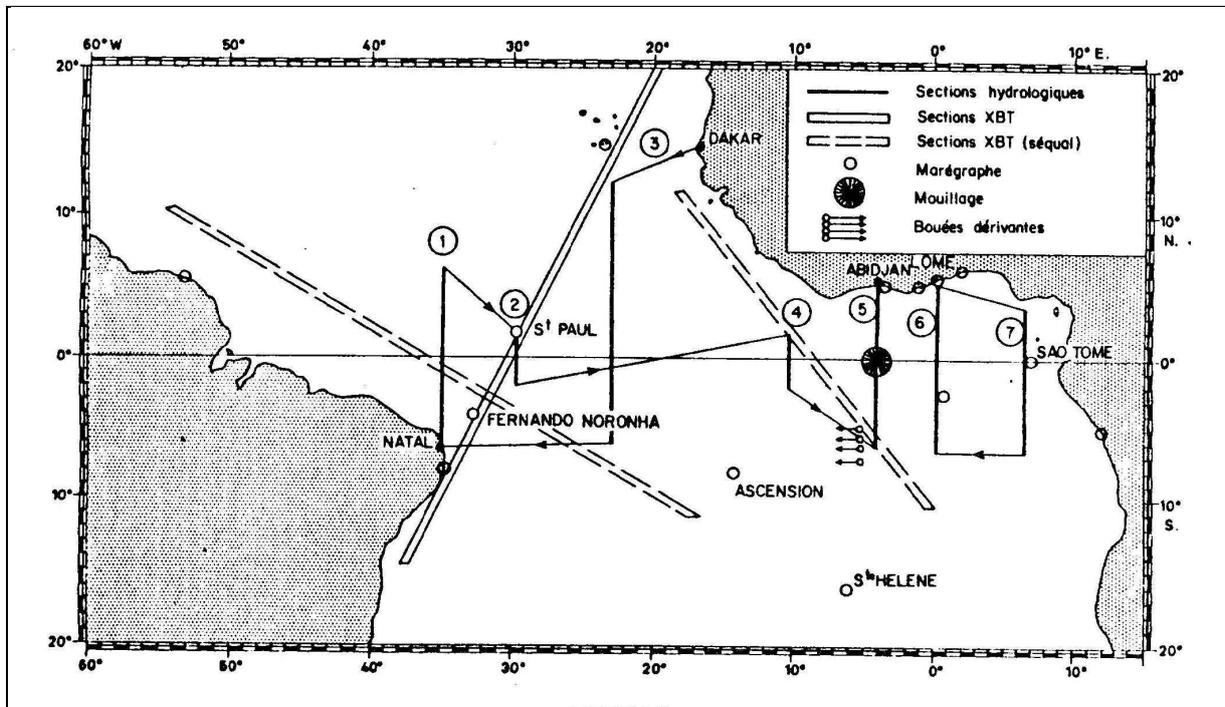


Figure 31 : Les opérations en mer du programme FOCAL

A côté de ces opérations en mer un programme théorique a amené SEQUAL à développer une grande variété d'outils numériques, depuis de simples modèles linéaires à deux couches jusqu'à des modèles de circulation générale océanique multicouches. Du côté français (FOCAL), sous l'impulsion de *Pascale Delecluse* du CNRS, les premiers modèles linéaires à deux couches virent le jour, développés ensuite par *Sabine Arnault*. Ultérieurement, des modèles multicouches ont été élaborés. Ce fut le début en France de la modélisation numérique utilisant les équations complètes du mouvement appelées encore équations primitives ou équations de *Navier-Stokes* déjà évoquées antérieurement. *Pascale Delecluse* prit la direction de l'équipe de modélisation qui devint au sein du LODYC le modèle de référence en France pour la simulation de l'océan.

Sur le plan pratique, le programme FOCAL, qui s'était doté d'un comité scientifique pour coordonner ses actions, disposait à l'origine d'un bureau de coordination au LOP (*Laboratoire d'Océanographie Physique*) du MNHN. Affecté par l'ORSTOM dans ce laboratoire depuis mon retour des *États-Unis* en juin 1979, j'ai coordonné le programme FOCAL, associé à SEQUAL, dans sa phase de préparation, et dans sa phase opérationnelle d'observation en mer en 1983 et 1984 ; les quatre années qui suivirent furent consacrées à l'exploitation scientifique commune des résultats. J'étais secondé dans cette tâche de coordination par *Yves Tourre*, ingénieur de la Météorologie Nationale, détaché pour 3 ans à l'ORSTOM. On verra plus loin les difficultés rencontrées et l'évolution ultérieure de cette situation. Il existait aussi une base FOCAL pour coordonner sur place les opérations en mer. Initialement prévue en *Guyane* à *Cayenne* sous la responsabilité de *Bruno Voituriez*, elle fut finalement installée à *Dakar*, point de départ des campagnes saisonnières : FOCAL 1, 2,.....8, du navire *Capricorne*, sous la responsabilité de *Philippe Hisard*, après le départ de *Bruno Voituriez* au CNEXO. Les campagnes du navire *André Nizery* dans le *Golfe de Guinée*, appelées NICAL, étaient sous la responsabilité de *Bernard Piton*. Signalons aussi le programme associé PIRAL (*Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement dans l'Atlantique Tropical*) qui s'est déployé dans le *Golfe de Guinée* sous l'impulsion et la direction de *Claude Oudot* ; il était dédié à l'étude de la productivité océanique. Enfin un bulletin d'information FOCAL rendait compte des activités du programme. Il était édité par *Gwalter Soares*, ingénieur du CNRS au LOP/Muséum (Document 4 Bis). Mais, en dépit de cette organisation, le déroulement des activités de ce programme FOCAL ne fut pas sans difficultés !

Des soucis domestiques compliquent ma vie scientifique

La gestion des opérations FOCAL, leur coordination et leur insertion dans le PNEDC étaient assurées par un *Bureau de Coordination*, dont j'étais le responsable assisté par *Yves Tourre*, au sein des locaux du LOP. Mais notre situation fut parfois difficile. Un différend, d'importance mineure au début, prit rapidement de l'ampleur entre l'administration de l'ORSTOM et la direction du LOP concernant des frais de séjour et de fonctionnement (téléphone, fax,

« *telemail* » ancêtre de la messagerie internet...) du petit groupe ORSTOM que nous constituions. Ce litige, qui aurait pu être réglé rapidement entre nos administrations, prit bientôt l'aspect malheureux du grain de sable glissé dans une mécanique administrative déjà plutôt mal « huilée » et sous-dimensionnée. Nous n'avions pas de personnel de secrétariat dédié, et le soutien administratif de substitution pouvait rapidement se gripper et mettre en péril la bonne exécution de certaines opérations dépendantes de moyens de coordination et de communication vitaux, notamment pour la gestion des opérations en mer. Après la fin de ces observations en mer et la mise en commun de leurs analyses, associées aux travaux théoriques et de modélisation, ainsi que la poursuite de l'étude des données historiques, il était plus que jamais nécessaire de coordonner plus étroitement l'avancée des connaissances et d'échanger l'information entre les différents secteurs de recherche couverts par les deux programmes. Cette coordination impliqua, entre autre, la tenue d'une dizaine de réunions communes aux *États-Unis* et en *France*. Organiser ces réunions ainsi que les débats scientifiques qu'elles abritaient nécessitait un minimum de soutien logistique et de secrétariat.

Privés ainsi de moyens de communication et la situation devenant intenable au Muséum, nous cherchâmes, *Yves Tourre* et moi, une autre implantation physique pour établir notre *bureau de coordination FOCAL*. Après plusieurs péripéties impliquant les professeurs *Claude Frankignoul* et *Jacques Blamont* (alors directeur du *Service d'Aéronomie de Verrière le Buisson*) nous héritâmes d'une salle de travail et de deux bureaux abandonnés, circonstance très rare, à l'université *Pierre et Marie Curie (Paris VI)* situés place *Jussieu* dans le 5^{ème} arrondissement, à proximité même du Muséum. Les précédents occupants, peu soigneux, de ces locaux avaient abandonné des monceaux de documents divers, instruments, mobiliers hors d'usage...etc. Aussi, avec *Yves Tourre*, nous déblayâmes sommairement ces locaux de nos mains, avant de les confier aux bons soins de plâtriers portugais qui les repeignirent et les aménagèrent aux frais de l'ORSTOM. Nous étions alors accueillis officiellement dans les locaux du LPDA (*Laboratoire de Physique et Dynamique de l'Atmosphère*) au 5^{ème} étage de la tour 15, qui devint l'adresse du *Bureau de coordination FOCAL* et dans lequel nous accueillîmes pour quelques mois deux océanographes « aux pieds mouillés » de retour des campagnes FOCAL : *Christian Henin* et *Philippe Hisard*. Nous dûmes cependant nous adonner à de menus travaux de bricolage pour aménager nos nouveaux locaux, comme tirer les lignes téléphoniques nécessaires à nos communication avec l'extérieur en

perçant nous-mêmes les cloisons et les plafonds floqués à l'amiante ce qui s'avéra, nous l'apprîmes plus tard, particulièrement hasardeux pour nos poumons. Un autre incident, qui aurait pu être encore plus fâcheux pour notre santé, fut la découverte d'une source radioactive, certes enfermée dans un mini-sarcophage en plomb, mais sans autre protection ni avertissement de sa présence, cachée sous un lavabo dans une des salles que nous venions d'investir. L'administration de l'université, immédiatement alertée, dépêcha sur-le-champ une équipe de décontaminateurs équipés de combinaisons de survie, digne des « liquidateurs » de *Tchernobyl* et nous débarrassèrent rapidement et sans bruit de ces encombrants résidus. Tout ceci nous rappelait la découverte de la radioactivité et de ses dangers par *Pierre et Marie Curie*, les fondateurs qui avaient donné leur nom à cette université et leur vie ... à la science. Mais ces péripéties ne nous découragèrent pas ni ne nous empêchèrent de développer les contacts avec notre nouveau voisin, le professeur *Claude Frankignoul*, membre de FOCAL et ravi de notre présence. C'est lui qui le premier suggéra que nous puissions nous associer, ou plutôt que nous propositions à nos organismes de tutelle respectifs de s'associer, pour constituer un nouveau pôle de recherche et d'enseignement universitaire en océanographie physique à Paris.

Cette idée diffusa rapidement parmi les responsables de nos organismes ainsi que chez nos ex-collègues du CNRS et du CNEXO que nous avions laissé au LOP/Muséum ; et bientôt, une majorité de ceux-ci, désireux de se soustraire à l'atmosphère peu stimulante de ce laboratoire, souhaitèrent nous rejoindre à *jussieu*. Ce projet de reconstruction de l'océanographie physique à *Paris* fut soutenu presque immédiatement par nos organismes de tutelle et les groupements inter-organismes à commencer par le PNEDC, représentée par le président de son comité scientifique : *Pierre Morel*, et son secrétaire général, *Michel Aubry*. Le Directeur de l'INSU de l'époque, *André Berroir*, partageait aussi cette vision de l'avenir et l'encourageait. Dès l'été 1984, un projet d'UMR (*Unité Mixte de Recherche*) entre l'université Paris-VI, le CNRS et l'ORSTOM, commença de circuler. Il fallait proposer des objectifs clairs mais détaillés, accessoirement trouver un nom à cette nouvelle UMR et surtout convaincre le président de l'université, *Michel Garnier*, de trouver et de nous attribuer des locaux équivalents à une aile complète sur le campus de *jussieu*. *Michel Crepon*, directeur de recherche au CNRS, qui venait du LOP/Muséum, proposa sa candidature à la direction de ce nouveau laboratoire qui fut alors provisoirement désigné par l'acronyme LOD pour *Laboratoire d'Océanographie Dynamique* par analogie avec le LMD (*Laboratoire de Météorologie Dynamique*) de l'Ecole

Normale Supérieure pour la météorologie. Finalement, *Michel Crepon*, jugé peu apte à la gestion au quotidien des corvées d'un laboratoire, fut récusé par ses pairs et les regards se tournèrent vers une ingénieure géochimiste du CEA, *Liliane Merlivat*, qui accepta de construire le projet de ce qui devint le LODYC (*Laboratoire d'Océanographie DYnamique et de Climatologie*). *Liliane Merlivat* y inclut, en passant, sa propre équipe, ce qui renforça encore la légitimité de ce nouveau laboratoire parisien. Néanmoins les choses prirent un certain temps pour se concrétiser car *Liliane Merlivat* devait abandonner son statut d'ingénieur du CEA pour prendre celui de professeur des Universités qui lui était offert, mais qu'elle refusa pour ne pas être chargée d'une tâche d'enseignement qui pouvait devenir très lourde. Une solution fut cependant trouvée et le président de l'université, *Michel Garnier*, trouva les locaux nécessaires sur le campus de *Jussieu* et proposa au LODYC sa nouvelle adresse : 2^{ème} étage Tour 14, 4 place *Jussieu*, qui fut aussi pendant presque 10 ans mon adresse professionnelle. L'accord inter-organisme entre l'Université Paris VI, le CNRS et l'ORSTOM, créant l'UMR 121, appelée plus familièrement le LODYC, fut formellement signé au début de 1985 entre le CNRS et Paris VI mais plus tardivement avec l'ORSTOM. Ce fut cependant la première UMR de l'ORSTOM en partenariat avec une université et le CNRS. J'en étais un des principaux artisans contribuant ainsi à ancrer plus solidement l'océanographie physique de l'ORSTOM dans la communauté scientifique nationale et le monde universitaire.

Les principaux résultats scientifiques de FOCAL et SEQUAL

Ces péripéties que l'on peut mettre sur le compte des turbulences administratives fréquentes en *France* n'altérèrent pas significativement le déroulement du programme FOCAL. Et les résultats furent à la hauteur des investissements : la moisson d'observations nourrit une trentaine de thèses en *France* (dont la mienne dactylographiée par une amie : *Monique Barlet*) et de nombreuses publications⁴¹ aux *États-Unis* et en *France*. Les résultats

⁴¹ Notamment un numéro spécial de la revue *Nature* (DOCUMENT 19 Bis), un *collected reprints* d'une trentaine d'articles dans *JGR (Journal of Geophysical Research)* (DOCUMENT 17) ainsi que dans *GRL (Geophysical Research Letters)* (DOCUMENT 18). Au total, plus d'une centaine d'articles s'appuient sur des travaux réalisés au cours des programmes FOCAL et SEQUAL.

scientifiques furent surprenants, on l'a vu, en ce sens qu'un événement chaud exceptionnel affecta l'ensemble du bassin tropical atlantique au premier semestre de 1984 (Fig. 32). Mais l'observation d'un signal saisonnier « normal », durant l'année 1983, nous a ramené à l'objectif initial des deux programmes centré sur l'étude du signal saisonnier moyen. Le principal résultat obtenu fut la mise en évidence de la dépendance étroite de l'océan au vent. On savait déjà que la réponse de l'océan aux variations du vent, caractérisée par la profondeur de la thermocline, était presque immédiate. Mais maintenant on disposait de données détaillées et de qualité pour comprendre l'enchaînement des processus physiques qui gouvernaient cette réponse de l'océan au forçage atmosphérique.

Comme l'avait déjà montré *Philander* - rapporté précédemment chapitre IV - l'inclinaison zonale (est-ouest) de la thermocline conditionne les transferts d'eau chaude le long de l'équateur. Lorsque le vent varie régulièrement en fonction de la saison, sans sautes d'intensités brutales, la thermocline s'ajuste également progressivement en phase avec le vent et il n'y a pas génération d'ondes équatoriales qui pourraient engendrer des phénomènes de *remote forcing*. Au contraire, les sautes de vent fréquentes dans le Pacifique génèrent des ondes qui se propagent le long de l'équateur d'ouest en est et contribuent à déclencher des phénomènes amenant des eaux chaudes à l'est comme c'est le cas tous les 3 - 4 ans dans le Pacifique avec le phénomène El Niño et comme ce fut exceptionnellement le cas dans l'Atlantique en 1984. On est alors en présence d'un phénomène de *remote forcing*, semblable à celui du Pacifique. Des travaux théoriques et des simulations numériques confirmèrent les observations et éteignirent la controverse entre ceux qui privilégiaient, et opposaient, l'importance des actions à distance aux actions locales et globales du vent.

L'événement chaud de 1984 est un « plus » inattendu, qui a permis de dépasser l'étude de la variabilité saisonnière, de mieux comprendre les causes de la variabilité interannuelle et d'obtenir ainsi un éclairage supplémentaire sur les phénomènes de type El Niño. A cette occasion, avec mon collègue *Philippe Hisard*, on a proposé l'expression « El Niño Atlantique » pour désigner certaines années, comme en 1984, la disparition des eaux froides de l'upwelling équatorial entre juillet et septembre, recouvertes par des eaux chaudes superficielles venues du nord du *Golfe de Guinée* semblables à celles qui envahissent le Pacifique tropical oriental lors d'un El Niño (Fig. 32 et Document 20).

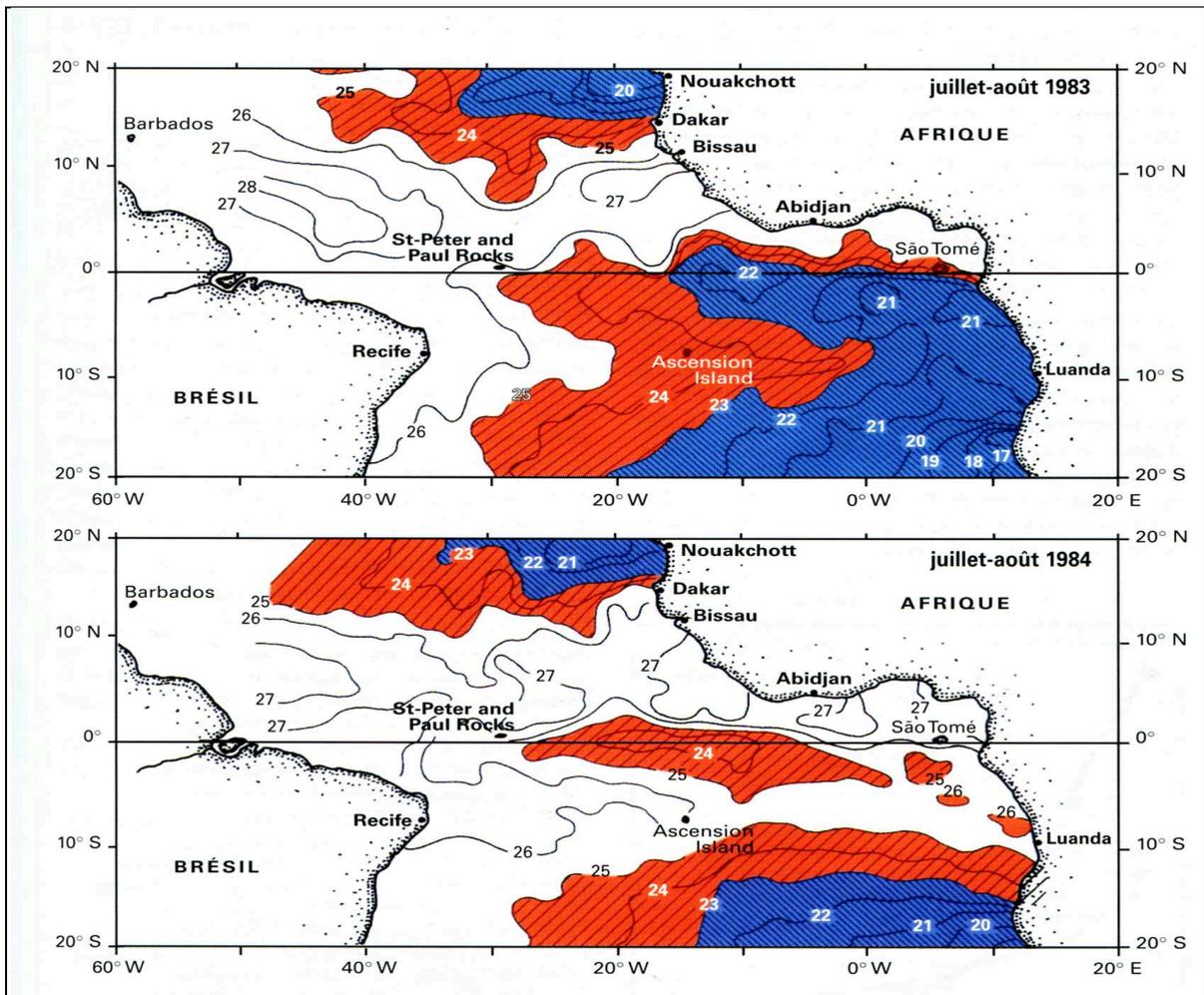


Figure 32 : La température de surface en juillet-Aout 1983 (en haut) et 1984 (en bas). En 1984, année anormale, les eaux chaudes recouvrent les eaux froides de l'upwelling équatorial bien visible en 1983, année normale.

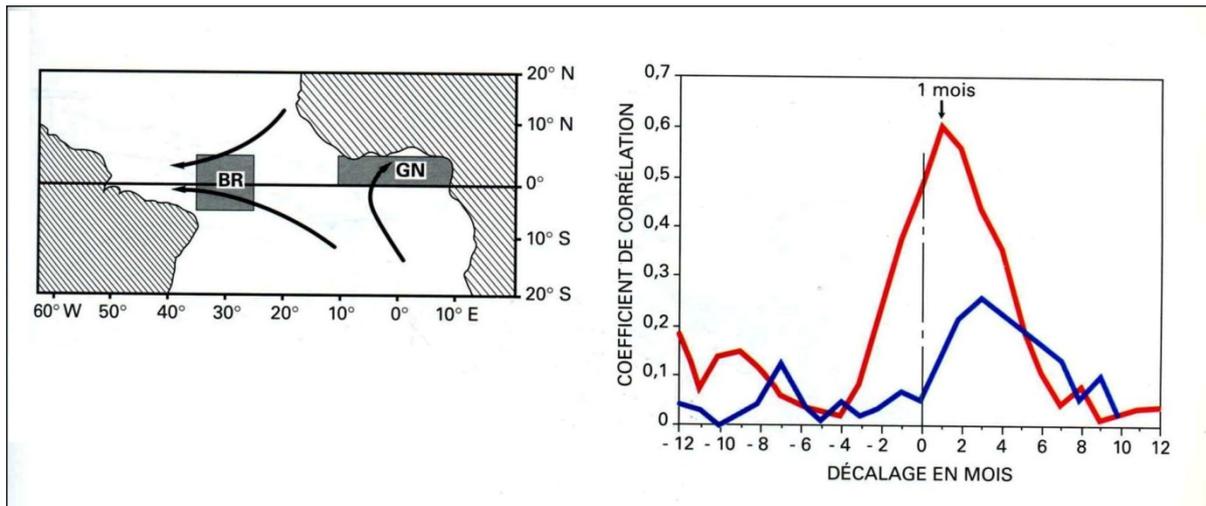


Figure 33 : Corrélation statistique entre le vent à l'ouest (Région BR) et la température de surface de l'océan à l'est (Région GN). D'après *Servain, Picaut et Merle (1982)*. La corrélation est maximale avec un décalage d'un mois entre vent et température, c'est le temps approximatif pour une onde pour parcourir la distance séparant les deux régions. On a donc bien des actions à distance (*remote forcing*) dans l'Atlantique.

Au-delà de ces relations confirmées entre le vent et la température, parmi les résultats les plus marquants des deux programmes, on retiendra particulièrement :

(1) Le comportement saisonnier de la thermocline qui pivote dans un plan équatorial sous l'effet du vent, que j'avais déjà mis en évidence à travers une analyse des données historiques, a été confirmé par un modèle développé par *Marc Cane et Edward Sarachik* de SEQUAL (Voir Chapitre IV, fig. 28). Ce développement théorique apporta des éclaircissements dans la controverse sur l'importance relative des actions à distance et des actions locales et globales du vent induisant la profondeur de la thermocline.

(2) Les vents impulsionnels (variant brutalement en intensité ou en direction) susceptibles de générer des ondes de Kelvin⁴² existent bien dans l'Atlantique tropical (Fig. 33) même s'ils sont rares. Ils expliquent l'anomalie chaude observée en 1984. Mais généralement l'océan Atlantique répond en

⁴² Voir note 32 chapitre V.

phase à un vent saisonnier qui varie régulièrement sur l'ensemble du bassin comme en 1983.

(3) Le contre-courant équatorial nord, portant à l'est, de sens opposé aux vents dominants (Alizés), qui intriguait si fort les premiers navigateurs dont les navires étaient poussés vers le continent africain contre le sens du vent dominant, est généré par un « pompage » de la thermocline dû au rotationnel⁴³ du vent dans la zone de convergence des alizés entre l'équateur et 10° N. Ce résultat a été obtenu par *Silvia Garzoli* et *Eli Katz* (1983) de SEQUAL (Fig. 34).

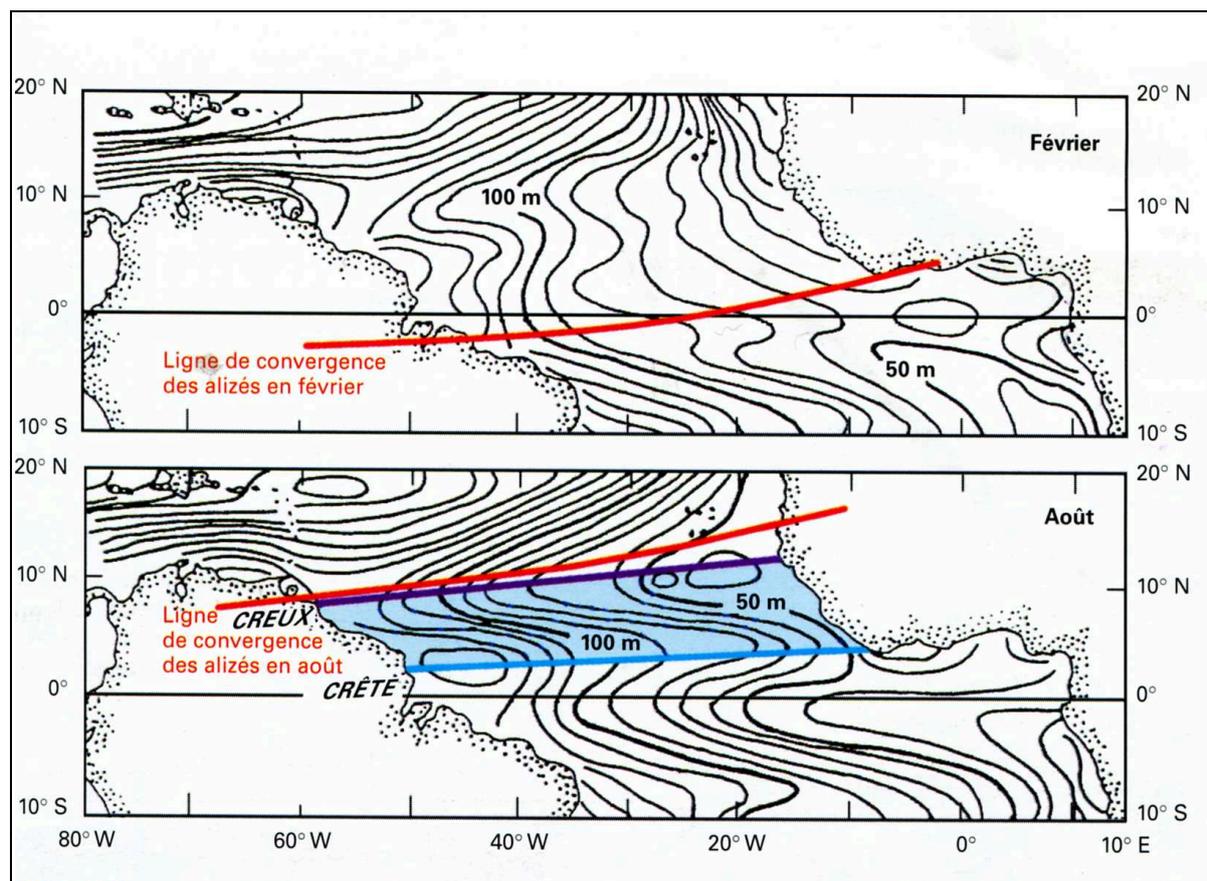


Figure 34 : Topographie de la profondeur moyenne de la thermocline (isotherme 20°C) en février et en Août. En Août lorsque la convergence des alizées (ligne rouge) est dans sa position la plus nord, entre 10° N et 15 ° N, le rotationnel du vent « pompe » la thermocline créant une crête (ligne bleue) à l'origine du contre-courant équatorial nord portant à l'est (Zone bleutée).

⁴³ Le vent peut être assimilé à un vecteur et on peut définir mathématiquement son rotationnel qui formalise le caractère tournant du champ de vent susceptible d'aspirer ou de refouler verticalement les eaux océaniques, comme le ferait une hélice suivant le sens de sa rotation.

La réussite commune des deux programmes FOCAL et SEQUAL

Dans l'ouvrage « Océan et Climat » publié aux éditions de l'IRD j'ai résumé l'apport de ces deux programmes à la connaissance des régions océaniques intertropicales et leurs implications dans la variabilité climatique à l'échelle interannuelle. Citation extraite de « *Océan et Climat* » : « *Les deux programmes joints FOCAL et SEQUAL apportèrent des éclaircissements fondamentaux sur la dynamique équatoriale et tropicale de l'océan Atlantique et plus généralement de l'ensemble des océans tropicaux et équatoriaux. On comprenait enfin beaucoup mieux ce qui se passait à l'équateur : quelles étaient les mécanismes dominants responsables des courants, sous-courants et contre-courants équatoriaux ; comment la thermocline répondait à l'action du vent ; quelles étaient les variations saisonnières et interannuelles de ces éléments. Ces progrès permirent aussi de mieux « paramétriser » les modèles en les dotant d'une physique mieux adaptée, prenant en compte les phénomènes dominants, rendant leurs simulations plus réalistes et ouvrant la voie à l'océanographie opérationnelle. Certes, au début des années 1980, l'océan Atlantique tropical attirait moins l'attention que le Pacifique, affecté par l'énorme oscillation météo océanique, El Niño, qui le caractérise ; mais la relative simplicité et la taille réduite de cet océan proche de l'Europe et important pour l'Afrique ont permis d'observer plus facilement et de comprendre les traits fondamentaux de la dynamique des basses latitudes. S'appuyant sur ces nouvelles connaissances, le programme TOGA prit la suite à partir de 1985 et s'attaqua à l'observation et à la modélisation de l'immense Pacifique, pendant une période de 10 ans, avec des moyens accrus, et dans une perspective plus directement orientée vers l'étude de l'interaction de l'océan tropical avec l'atmosphère globale. Quoi qu'il en soit, la coopération franco-américaine établie à l'occasion de ces deux programmes a été bénéfique pour les deux communautés scientifiques, et particulièrement pour la Française, qui prit un nouvel élan en s'impliquant plus hardiment dans les grands programmes internationaux à finalité climatique ».*



Figure 35 : Les principaux représentants des équipes FOCAL et SEQUAL au cours d'une réunion commune aux États Unis.

Par ailleurs, j'ajouterai sur un plan plus personnel, que les liens qui se nouèrent des deux cotés de l'Atlantique avec nos collègues américains à l'occasion de ces programmes ont été riches scientifiquement mais aussi culturellement et se sont maintenus longtemps, par-delà les frontières et le temps (Fig. 35).

Une thèse mouvementée

Un autre événement plus personnel qui pour moi marqua cette époque fut la soutenance de ma thèse en septembre 1984. L'étude des données historiques, que j'avais entreprise personnellement et poursuivie dans le cadre de FOCAL, offrait un ensemble de résultats scientifiques déjà publiés largement suffisant pour en extraire un travail de thèse. Soutenir une thèse sur publications, à un âge avancé et au cours d'une carrière de chercheur bien entamée, peut apparaître

comme un événement banal, une formalité, qui à cette époque n'était pas absolument nécessaire pour diriger des recherches et a fortiori pour être soi-même un chercheur. Aussi, c'est avec une certaine légèreté que je me suis préparé à ce que je considérais comme une cérémonie plutôt que comme un ultime échelon universitaire à gravir. J'avais choisi *Pierre Morel* comme directeur de thèse. Première erreur osèrent me dire certains de mes proches collègues. Mon autre erreur, bien réelle celle-là, fut de penser jusqu'au matin du jour de la soutenance que j'étais prêt et que j'aurais le temps plus tard de penser à préparer le cocktail, un moment essentiel de toutes soutenances après les questions et le verdict du jury. Qu'est-ce qui avait bien pu obscurcir à ce point mon entendement et endormir ma vigilance concernant un événement dans lequel j'étais dans une position centrale par nécessité et pour lequel j'avais convié un jury de hautes personnalités scientifiques françaises et étrangères ainsi qu'une soixantaine d'autres témoins parmi mes collègues et mes amis plus ou moins proches. Un grand nombre de ceux-ci participaient à une conférence TOGA qui se tenait la même semaine à l'Unesco.

La communauté scientifique internationale des océanographes était plongée dans l'étude des interactions entre l'atmosphère et l'océan dans les régions tropicales et préparait le grand programme international : TOGA (*Tropical Ocean and Global Atmosphere*) déjà évoqué et dont on reparlera abondamment plus loin. J'étais très impliqué dans cette préparation et j'apparaissais comme un des leaders, avec *George Philander*, de l'étude de l'Atlantique tropical à la suite des programmes FOCAL et SEQUAL dont les opérations à la mer venaient de se terminer. Une grande conférence internationale destinée à présenter le programme scientifique TOGA se tenait à Paris dans les locaux de l'Unesco. Plus de 200 scientifiques et représentants nationaux d'une cinquantaine de pays y étaient conviés. J'étais chargé de défendre l'Atlantique dans la compétition toujours vive, aux *États-Unis* au moins, qui opposait les tenants d'une priorité donnée au Pacifique aux partisans d'une répartition plus équilibrée des efforts sur l'ensemble de la ceinture tropicale, incluant les deux autres océans, indien et atlantique. Je devais donc être l'avocat de l'Atlantique face à ce que l'on pouvait appeler un tribunal scientifique international. La conférence durait une semaine, beaucoup de mes collègues et amis américains étaient présents, notamment les « atlantistes » de SEQUAL. En ce qui concernait ma thèse j'avais le sentiment de bien maîtriser mon sujet, ce qui me conduisit à commettre une nouvelle erreur, celle de penser que je pouvais à la fois me livrer à une défense et illustration de l'Atlantique

tropical, en anglais à l'Unesco et le lendemain exposer le même contenu scientifique en français pour la soutenance de ma thèse.

A l'Unesco tout se passa bien, j'avais longuement préparé ma présentation en anglais et, aux dires de mes collègues, ma présentation fut assez brillante et au moins convaincante en ce qui concernait la nécessité d'inclure l'Atlantique tropical dans le champ d'actions du programme TOGA. Mais le lendemain, ce matin du jeudi 21 septembre 1984, je prenais soudainement conscience que l'après midi j'avais à présenter l'exposé cohérent et en français d'une thèse intitulée : « Variabilité basse fréquence de l'océan Atlantique tropical », dans les locaux du LMD de la prestigieuse « École Normale Supérieure ». J'avais invité beaucoup de monde à cet exposé et au cocktail qui suivait, dont un grand nombre des participants à la conférence TOGA, deux d'entre eux étant d'ailleurs membres de mon jury. Une véritable panique me saisit soudain ; des pensées négatives me soufflaient que je n'arriverai jamais à faire face à toutes mes obligations de la journée. Faisant provisoirement l'impasse sur l'exposé, que je pensais toujours pouvoir maîtriser en m'appuyant sur la version anglaise que j'avais présentée à l'Unesco, je commençais par me précipiter dans une pâtisserie pour passer une commande massive de petits fours et autres cocktails, au grand étonnement du pâtissier de la rue *Linné* qui promet néanmoins de livrer à temps la commande. Le champagne fut également acheté dans la plus grande hâte chez un épicier un peu ébahi. Mais des détails à régler, qui prenaient dans ces circonstances l'allure de problèmes insurmontables, surgissaient de toute part ; il fallait de la glace pour maintenir les boissons au frais... il fallait un minimum de vaisselle, des verres et des plats, il fallait... il fallait ...

C'est alors qu'un précieux secours se manifesta : *Yves Tourre* qui m'accompagnait dans ce moment difficile fut magnifique ! Il acheta des poubelles qu'il remplit de glace trouvée je ne sais où, transporta le tout avec le champagne sur le lieu de la soutenance, arrangea, prépara, négocia avec le secrétariat sur place les moyens du bord, tables, chaises, vaisselle... Bref ! Il prit en main l'organisation matérielle de la soutenance et du cocktail qui m'inquiétait tant. Je pus alors penser un peu plus sereinement à la présentation que je devais faire l'après midi, en français évidemment. Ce retour à ma langue maternelle, qui m'avait paru être une circonstance plutôt favorable, s'avéra au contraire et paradoxalement être un handicap plus difficile à surmonter que je ne l'avais imaginé. Je fis donc une présentation en français mais avec des documents écrits partiellement en anglais, mélangeant les deux langues dans une certaine confusion et une grande tension, très loin de l'aisance de ma conférence

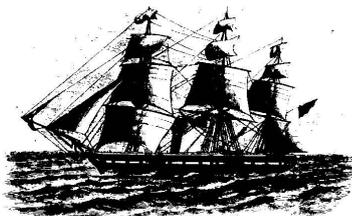
de l'avant-veille en anglais à l'Unesco. Le jury fut indulgent d'autant que deux de ses membres, américains, n'étaient pas fâchés de cette « anglicisation » de ma présentation. Les membres français furent moins enthousiastes et le président de l'Université Paris VI, le professeur *Michel Garnier*, qui connaissait mon rôle dans la création du LODYC, cette nouvelle unité mixte de recherche évoquée précédemment installée au sein de son université, me fit remarquer gentiment, plus tard, que la soutenance d'une thèse n'est pas une cérémonie banale dont il importe seulement d'assurer le cocktail, comme en médecine. Il faut la préparer soigneusement pour répondre clairement et en français aux questions du jury. Il défendait la réputation de son université et il avait raison.

Paris VI fut classée plus tard par l'agence chinoise de *Shanghai*, qui note toutes les institutions universitaires et de recherche du monde, la première université française pour la qualité de son enseignement et de sa recherche, mais seulement la 49^{ème} au plan mondial ! Quoiqu'il en soit je suis docteur ès sciences physiques de l'université Paris VI, encore appelée : université *Pierre et Marie Curie*, avec la mention très honorable, mais pas les félicitations du jury ; ceci s'explique aisément par l'évocation précédente des péripéties de ma soutenance. On verra plus loin que mon appartenance à cette prestigieuse université, marquée par les immenses personnalités scientifiques que furent *Pierre et Marie Curie*, sera à l'origine d'un quiproquo qui amusera beaucoup l'assistance d'une conférence internationale fameuse qui se tenait au siège de la prestigieuse « *Royal Meteorological Society* » à *Londres* en septembre 1986, que je raconterai au chapitre suivant.

DOCUMENT 16 : Le programme américain SEQUAL avec évocation du programme français FOCAL dans la revue EOS, émanation de l'AGU.

EOS, Vol. 63, No. 14, Page 218, April 6, 1982

The Oceanography Report



H.M.S. CHALLENGER PREPARING TO SOUND, 1872.

The Oceanography Report
The focal point for physical, chemical, geological, and biological oceanographers.

Associate Editor: Arnold L. Gordon, Lamont-Doherty Geological Observatory, Palisades, New York, 10964 (telephone 914/359-2900, ext. 325)

SEQUAL: A Study of the Equatorial Atlantic Ocean*

SEQUAL (Seasonal Response of the Equatorial Atlantic) is a program to study the dynamical response of the upper equatorial Atlantic Ocean to the seasonally varying surface winds. This response affects the climate of the earth because, in low latitudes, seasonal and interannual changes in the heat content of the upper ocean are determined not only by the local fluxes of heat from the atmosphere to the ocean but also by the large-scale dynamical response of the ocean to variable winds. In the tropical Atlantic, for example, seasonal changes in the heat storage are caused primarily by the horizontal redistribution of heat associated with wind-induced changes in the topography of the thermocline (Figure 1). The object of SEQUAL is to describe accurately, and to model correctly, the changes in the upper ocean currents, density field, and surface winds during one season throughout the equatorial Atlantic Ocean.

Cover. A small craft lands U.S. and Brazilian oceanographers from a research vessel, *The Professor Besnard* (University of São Paulo), on St. Peter and St. Paul rocks. The rocks are an isolated outcropping of the mid-Atlantic ridge (0°55'N, 29°24'W) 1000 km from the Brazilian coast. A wind recorder was installed there during The Global Weather Experiment (1979), and the site will be used again by SEQUAL/FOCAL to obtain a 2-year continuous record of the wind and sea level in the western equatorial Atlantic. (See article in *The Oceanography Report* p. 218.)

SEQUAL follows three earlier studies of the equatorial Atlantic Ocean; namely, EQUALANT (1963), GATE (1974), and FGGE (1979). Their data, plus those from numerous smaller expeditions and several recent climatological atlases, sketch an intriguing picture of the seasonal cycle in the equatorial Atlantic. It has motivated a number of theoretical studies that offer plausible explanations for some of the observations.

The most important result to emerge from the earlier programs concerns the rapid adjustment time (or the short memory) of the equatorial Atlantic Ocean. According to theory, the planetary waves that affect the oceanic adjustment to a change in wind conditions have a speed that increases with decreasing latitude. Hence the oceanic adjustment time decreases with decreasing latitude. It is of the order of a decade in mid-latitudes and of the order of 100 days at the equator in the Atlantic. The results in Figure 1 confirm that the oceanic adjustment is so rapid that the ocean is always near equilibrium with the wind (the slope of the thermocline is most pronounced when the winds are most intense, in the summer; it is least when the winds are weak, in the spring).

The available data provide a synoptic view of the changes in the density field, in an 'average' season, but inadequate information about changes in a specific season. There is also a lack of information about the seasonal changes of the various currents: the westward South Equatorial Current and the eastward

North Equatorial Countercurrent (between 3°N and 10°N approximately) and Equatorial Undercurrent, which meanders about the equator. SEQUAL will describe these changes. A subprogram (SEQUAL Wind Program) will provide information about the surface winds by measuring in situ winds at specific locations and by developing a gridded data set of low frequency wind suitable for use as a forcing function for numerical model studies of the basin-scale seasonal response. Numerical model experiments will play a fundamental role in bringing together all of the different data obtained during the field program into a coherent picture of the seasonal cycle.

A time series of the wind obtained during FGGE confirms the annual cycle of the wind in the western equatorial Atlantic showing a relaxation beginning in the late fall and a subsequent build up in the late spring. The longer than 1 year SEQUAL field program is expected to record the dominant oceanic variability in the equatorial Atlantic. The theoretical component of SEQUAL will progress from concepts based on the response to sudden wind events to analyses of persistent periodic phenomena.

Field Program

The intent of the SEQUAL field program is to provide the first continuous and simultaneous measurements of a complete annual cycle of the ocean and its forcing at selected locations in order to (1) observe the adjustments of the equatorial thermocline, both meridionally and zonally, to seasonal changes in the wind forcing; (2) observe the seasonal variation of the principal zonal currents (the North Equatorial Countercurrent, South Equatorial Current, and the Equatorial Undercurrent); and (3) observe the sequence of events, both local and farfield, which annually culminate in a rapid change of the sea surface temperature field in the Gulf of Guinea.

SEQUAL is being closely coordinated with the French Program Ocean Climat Atlantique Equatorial (FOCAL), with whom we share the

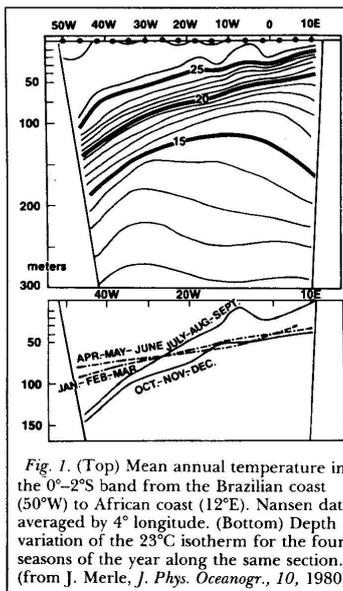


Fig. 1. (Top) Mean annual temperature in the 0°-2°S band from the Brazilian coast (50°W) to African coast (12°E). Nansen data averaged by 4° longitude. (Bottom) Depth variation of the 23°C isotherm for the four seasons of the year along the same section. (from J. Merle, *J. Phys. Oceanogr.*, 10, 1980)

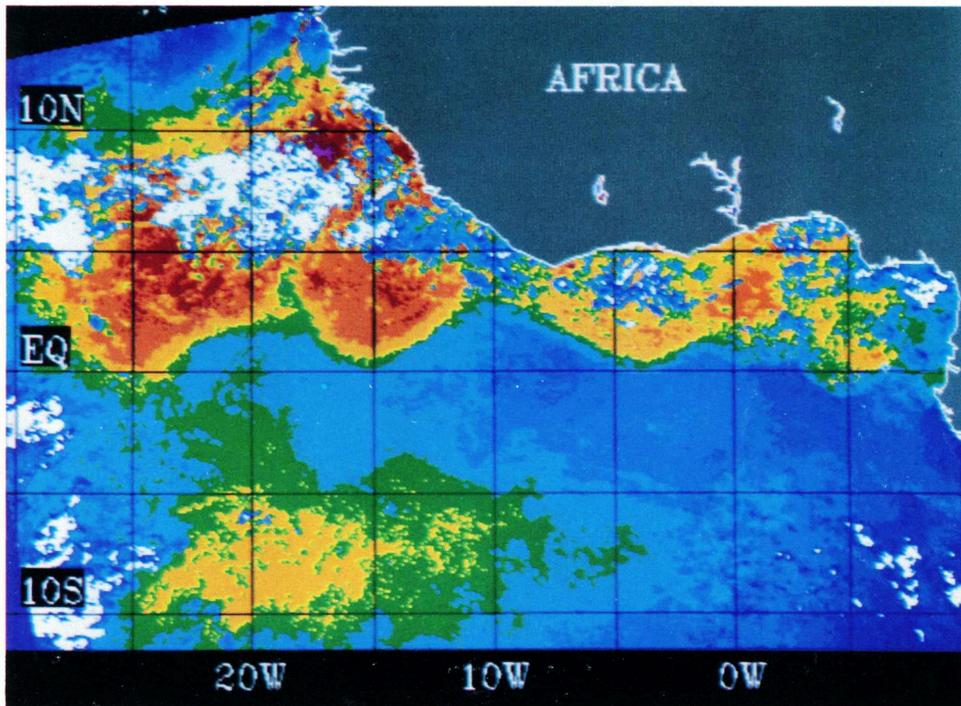
*Scientists actively participating in the planning of the SEQUAL program are J. Bruce (Woods Hole Oceanographic Institution), M. Cane (Massachusetts Institute of Technology), S. Garzoli (Lamont-Doherty Geological Observatory), C. Gautier (Scripps Institution of Oceanography), E. Harrison (Massachusetts Institute of Technology), R. Houghton (Lamont-Doherty Geological Observatory), E. Katz (Lamont-Doherty Geological Observatory), G. Philander (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory/National Oceanic and Atmospheric Administration), P. Richardson (Woods Hole Oceanographic Institution), E. Sarachik (Harvard University), P. Schopf (National Atmospheric and Space Administration), R. Weisberg (North Carolina State University).

**DOCUMENT 17 : Numéro spécial pour SEQUAL et FOCAL dans
« *Geophysical Research Letters* »**

Reprinted from

Geophysical Research Letters

SEQUAL/FOCAL: First Year Results on the Circulation
in the Equatorial Atlantic



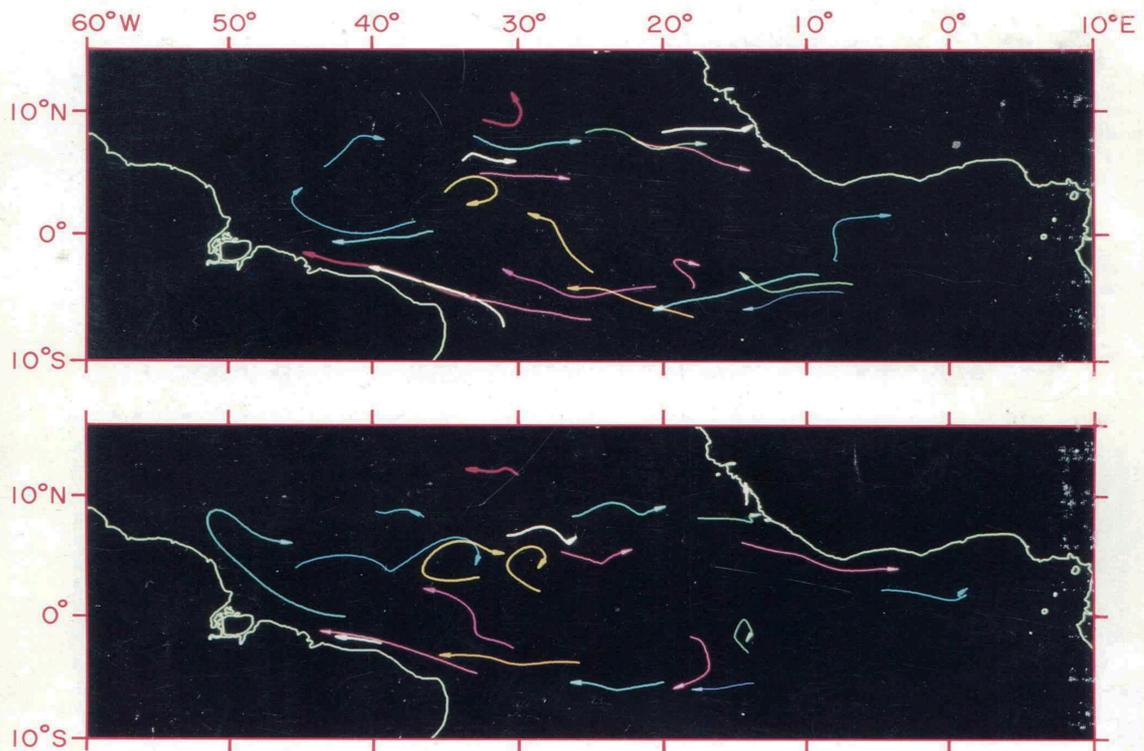
AUGUST
1984

volume 11
number 8

AMERICAN GEOPHYSICAL UNION

DOCUMENT 18 : Numéro spécial de « *Journal of Geophysical Research* » pour SEQUAL et FOCAL

FOCAL / SEQUAL



Reprinted From the Journal of Geophysical Research
Volumes 91 and 92

Published by the American Geophysical Union

DOCUMENTS 19 et 19 Bis : Une série d'articles dans « Nature » sur l'événement de 1984 observé par SEQUAL et FOCAL et le bulletin d'information FOCAL

Unusual conditions in the tropical Atlantic Ocean in 1984

S. G. H. Philander

reprinted from
nature

PROGRAMME NATIONAL d'ETUDE de la DYNAMIQUE du CLIMAT



Information

N. 1 Décembre 1982

Le bulletin FOCAL INFORMATION diffuse des informations scientifiques sur le programme FOCAL (Programme Français Océan et Climat dans l'Atlantique Equatorial). Il est publié périodiquement (4 fois par an) par le groupe scientifique FOCAL avec un soutien financier du PNEDC. La responsabilité de l'éditorial est M. Guéler SOARES. Le bulletin rendra compte, par de courts articles, de l'actualité du programme FOCAL, de ses principaux résultats, et des manifestations (réunions de travail-symposiums...) nationales et internationales qui s'y rapportent. La correspondance doit être adressée à G. SOARES, éditeur, Oceanographie Physique, Muséum National d'Histoire Naturelle, 43, rue Cuvier 75231 PARIS Cedex 05.

Université). Ce groupe de chercheurs multi-organismes s'est constitué en avril 1980 et s'est structuré en différents sous-groupes par type d'actions de recherche.

Le programme couvre une période de trois ans (1982-1984).

COURANTS SCIENTIFIQUES

L'océan reçoit de la chaleur en excès aux basses latitudes et la restitue à l'atmosphère aux moyennes et hautes latitudes. Un transfert thermique méridien en résulte, qui joue un rôle essentiel dans la machine climatique. La circulation dans les régions intertropicales, qui se situe à la source chaude du système, est la première responsable de ce transfert thermique méridien (figure 1, d'après Vonder Haar et Oort, 1973).

PROGRAMME FOCAL

Le Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat (PNEDC) a fait des choix d'actions de recherche de longue durée ayant pour objectif général de comprendre certains mécanismes physiques responsables du climat et de son évolution. L'une de ces actions orientée vers l'observation océanique systématique dans les tropiques s'est concrétisée par le programme Français Océan et Climat dans l'Atlantique Equatorial (FOCAL).

Au plan national, ce programme représente une synthèse coordonnée de propositions faites par des chercheurs appartenant à plusieurs organismes de recherche français (CNRS, CNRS, ONERA).

FOCAL INFORMATION DECEMBRE 1982

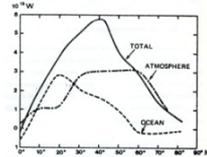


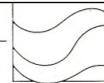
FIGURE 1

Répartition du transport méridien de chaleur entre océan et atmosphère pour l'hémisphère Nord. D'après Vonder Haar et Oort (1973).

Ordonnée, le système de circulation équatoriale fonctionne essentiellement dans le sens zonal et d'importants transferts énergétiques s'élè-

DOCUMENT 20 : Première page d'un article sur l'hypothèse d'un « El Niño Atlantique »

OCEANOLOGICA ACTA 1980 - VOL. 3 - N° 2



Température
Equateur
Atlantique
Climat
El Niño
Temperature
Equator
Atlantic
Climate
El Niño

Variabilité thermique annuelle et interannuelle de l'océan Atlantique équatorial Est. L'hypothèse d'un « El Niño » Atlantique

J. Merle
CIMAS, 4600, Rickenbacker Causeway, Miami, Florida 33149, USA
et ORSTOM, 24, rue Bayard, 75008 Paris, France.

Reçu le 14/5/79, révisé le 30/10/79, accepté le 12/12/79

RÉSUMÉ

L'analyse des données historiques de l'océan équatorial Atlantique oriental (Golfe de Guinée) a permis de montrer que le cycle annuel est le signal dominant de la variabilité thermique basse fréquence de ces régions. Cependant des anomalies interannuelles existent. Elles se manifestent avec une amplitude maximale pendant l'été (de juin à septembre) et dans les régions d'upwelling (côte africaine et Équateur). Certaines années, comme en 1968, ces anomalies estivales atteignent des valeurs positives suffisamment élevées ($> 2^{\circ}\text{C}$) pour qu'une analogie avec le phénomène « El Niño » de l'océan Pacifique Sud-Est soit recherchée. Mais il apparaît que la réponse océanique de l'océan Atlantique, similaire de l'El Niño de l'océan Pacifique, est un événement avant tout saisonnier et donc intégré dans son cycle annuel. Les anomalies interannuelles de température de l'océan Atlantique tropical oriental ont cependant une grande importance car elles sont liées à des anomalies similaires du système atmosphérique (position de l'ITCZ) elles-mêmes en relation avec des dérèglements du régime des pluies sur le continent africain tels ceux observés pendant les années 1967 (année humide dans les régions sahéliennes) et 1968 (année sèche dans les régions sahéliennes). Cette oscillation météo-océanique 1967-1968 s'est manifestée dans plusieurs régions de l'océan Atlantique (jusqu'en mer de Labrador) par des anomalies importantes des paramètres météo-océaniques suggérant que des relations complexes (téléconnexion) liaient les champs météorologiques et océaniques de ces régions éloignées; mais il est difficile de distinguer un enchaînement précis de causes à effet dans ces phénomènes et de déterminer qui de l'océan ou de l'atmosphère est la cause du dérèglement.

Oceanol. Acta., 1980, 3, 2, 209-220.

ABSTRACT

Annual and interannual variability of temperature
in the Eastern Equatorial Atlantic Ocean.
Hypothesis of an Atlantic "El Niño"

Analysis of historical data in the Eastern Equatorial Atlantic Ocean shows that the annual cycle is the dominant signal of thermal variability; interannual Sea Surface Temperature (SST) anomalies exist, however, with maximum amplitude during the summer season (June-September) and in areas of upwelling (African coasts and equatorial regions). In certain years, as in 1968, positive anomalies reach high values ($> 2^{\circ}\text{C}$) similar to that observed in the South East Equatorial Pacific Ocean (the "El Niño" phenomenon). It appears that in the Eastern Atlantic Ocean the El Niño-like phenomenon is a seasonal event, and thus forms part of the annual signal. Eastern Equatorial Atlantic SST anomalies are linked to the abnormal position of ITCZ, which is in turn related to abnormal rain or drought conditions in the sub-Saharan African regions (Lamb, 1978). As an example, the anomalies observed in the Tropical Atlantic Ocean during 1967 (wet summer in the sub-Saharan regions) and 1968 (dry summer in those regions), appear to be part of a generally abnormal situation of the atmospheric-oceanic system in the entire Atlantic. Teleconnections may be invoked; but it is not possible to determine whether the atmosphere or the ocean is primarily responsible for such global atmosphere-ocean anomalies.

Oceanol. Acta., 1980, 3, 2, 209-220.

CHAPITRE VI

Participation aux grands programmes internationaux

L'étude conjointe franco-américaine de la dynamique de la circulation océanique tropicale Atlantique, par les deux programmes FOCAL et SEQUAL, annonçait une étude de plus grande envergure sur l'ensemble de la ceinture océanique tropicale pour observer et comprendre son interaction avec les basses couches de l'atmosphère. On a noté au chapitre précédent les oppositions géographiques Atlantique-Pacifique qui partageaient la communauté scientifique américaine et qui avaient essentiellement pour origine la rivalité entre des grandes institutions océanographiques de la côte Est et de la côte Ouest. Néanmoins, la nécessité d'un grand programme international susceptible d'expliquer les oscillations océan-atmosphère de grande amplitude, comme El Niño, qui frappaient régulièrement le Pacifique équatorial, se faisait jour parmi la communauté des océanographes « tropicalistes ». Cette préoccupation se concrétisa par la mise sur pied du grand programme international TOGA, déjà évoqué, qui rassembla pendant 10 ans (1985 - 1995) un ensemble de moyens et de scientifiques (météorologues et océanographes) encore jamais vu jusqu'ici.

Dans le même temps une autre communauté d'océanographes était préoccupée par la connaissance encore très parcellaire que l'on avait de la circulation générale océanique à toutes profondeurs et de son rôle dans le maintien du climat actuel incluant sa variabilité naturelle. Les observations dont on disposait, issues des grandes campagnes océanographiques historiques, atteignaient rarement les grandes profondeurs, si bien que la connaissance de cette dynamique abyssale, si importante dans le transfert énergétique planétaire entre les tropiques et les pôles (voir chapitre II - croisière STYX), était presque totalement inconnue, si ce n'est ce que l'examen des « données historiques »

nous avait appris au voisinage de l'équateur à la suite en particulier des travaux de *Oort* et *Vonder Haar* (1976). Il était donc nécessaire de mettre sur pied une grande opération internationale mobilisant les navires océanographiques de nombreux pays, pour disposer enfin d'un ensemble d'observations suffisamment nombreuses et de qualité pour dégager une image réaliste de la circulation générale océanique à toutes profondeurs. Ce fut, dès son origine, la motivation du programme WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*) initié par des océanographes de grand renom comme les américains *Carl Wunsch* du MIT et *Francis Bretherton* de l'Université de *Chicago*.

Le moment choisi pour engager cette quête de la réalité *in situ* de la circulation océanique, n'était pas laissé au hasard de motivations seulement océanographiques. Il correspondait au lancement d'un autre projet de coopération franco-américain de grande envergure. Il s'agissait de l'association des programmes spatiaux TOPEX pour les *États-Unis* et POSEIDON pour la *France* qui avaient l'ambition d'observer depuis l'espace et avec une grande précision – de l'ordre du centimètre – l'altitude absolue de la surface océanique, encore appelée *topographie dynamique*. A partir de cette observation on espérait pouvoir déduire la circulation océanique à toutes profondeurs à la condition justement de disposer d'observations de l'intérieur de la masse liquide (mesures *in situ*). Les projets WOCE et TOPEX-POSEIDON étaient donc étroitement complémentaires et se renforçaient mutuellement.

Mais pour coordonner et mettre en place ces activités à la fois sur les plans scientifiques et organisationnels il était nécessaire de passer par des procédures de coordination complexes confiées à des instances internationales souvent dépendantes des agences techniques de l'ONU comme l'OMM déjà cité antérieurement.

Je présenterai plus en détail dans ce qui suit les organisations internationales dédiées à l'étude du changement climatique, incluant le CCCO et les programmes scientifiques internationaux TOGA et WOCE pour lesquels j'ai assumé des fonctions de coordination aux plans international et national. J'exposerai ensuite ma participation aux programmes spatiaux joints TOPEX/POSEIDON, mis en place par les agences spatiales de la NASA⁴⁴ et du CNES.

⁴⁴ NASA : National Aeronautics and Space Administration – CNES : Centre National d'Études Spatiales.

Les organisations internationales pour l'étude du climat

L'organisation des programmes scientifiques internationaux est indispensable, mais longue et difficile. Les programmes scientifiques ont généralement pour origine un groupe de chercheurs désireux d'unir leurs efforts autour d'une idée qu'ils partagent et de rechercher les moyens de convaincre leurs institutions scientifiques et leurs gouvernements de leur octroyer les moyens nécessaires à leur réalisation. C'est une démarche au départ qualifiée quelquefois de « *Bottom Up* » qui émane des chercheurs eux-mêmes et s'adresse à leurs institutions dans le but de faire accepter leurs projets, de les intégrer dans les programmations nationales et de les financer. Mais souvent la dimension nationale s'avère insuffisante. Pour être crédibles ces projets doivent obtenir une caution internationale et surtout ils doivent s'associer à ceux proposés par d'autres pays de façon à accroître les moyens à mettre en œuvre et à partager les coûts. Pour cela des instruments ou des instances de coopération internationale sont nécessaires pour discuter, mettre en forme, proposer des projets intégrateurs pour les soumettre à leur tour aux différents pays acceptant de fournir des moyens, y compris en personnel scientifique, pour atteindre les objectifs communs souhaités.

Parmi les communautés des sciences de l'environnement, les météorologues, on l'a vu, étaient depuis longtemps les mieux organisés pour pratiquer cette coordination entre pays au sein de leur agence intergouvernementale, l'OMM. Au début des années 1980, la création du PRMC (*Programme Mondial de Recherche sur le Climat - WCRP* en anglais), déjà évoquée, prenait la suite du GARP (*Global Atmospheric Research Programme*), et ouvrait une nouvelle époque en institutionnalisant la recherche sur le climat. Ce PMRC, était dans l'air depuis quelques années notamment dans les projets de plusieurs organisations internationales onusiennes mais également dans ceux de l'ICSU, cette ONG scientifique de haut niveau rassemblant les académies des sciences de certains pays développés. Mais c'est seulement à l'occasion du huitième congrès de l'OMM, en mai 1979, que fut formellement décidée la création d'un WCP (*World Climate Programme*) qui enfanta immédiatement une composante recherche, le WCRP (*World Climate **Research** Programme*), PRMC en français, en associant l'ICSU au parrainage de l'OMM. La création du

WCRP/PMRC concrétisait la prise de conscience du changement climatique par la communauté des météorologues et leur associait les autres composantes du système climatique : Océan, cryosphère, biosphère.... Le WCRP/PMRC se donnait deux objectifs principaux : La prévision du climat, parallèle à la prévision météorologique, et le diagnostic de l'influence de l'homme sur le climat. Mais surtout le WCRP/PMRC se dotait d'un arsenal de réflexion et de programmation scientifique de haut niveau avec à sa tête le JSC (*Joint Scientific Committee*) rassemblant une dizaine de scientifiques parmi les plus représentatifs des différentes communautés scientifiques impliquées dans le climat : atmosphériciens, océanographes, glaciologues, paléoclimatologues.... Le WCRP/PMRC et le JSC opéraient ainsi une première agrégation des pièces d'un puzzle climatique en facilitant la convergence vers la question climatique de plusieurs disciplines des sciences de l'environnement jusqu'ici sans relation particulière entre elles. Mais le poids de l'océan et la diversité même de ses domaines scientifiques entrant dans l'étude du climat nécessitera bientôt de se doter aussi d'un comité océanique spécifique.

L'océan dans le changement climatique : Le CCCO

C'est dans ce contexte du rôle prépondérant de plus en plus évident de l'océan dans le climat, que les océanographes décidèrent de mettre sur pied une instance scientifique réunissant toutes les disciplines océanographiques impliquées dans le climat : physiciens, chimistes, biologistes, glaciologues paléocéanographes...etc. Il devenait nécessaire de pouvoir rassembler l'ensemble des idées, des projets de recherche nationaux ou pluri-nationaux et de débattre des programmes que ces différentes disciplines de l'océanographie pouvaient envisager. L'objectif ultime était de contribuer à la connaissance des mécanismes fondamentaux du climat et de sa variabilité en relation avec l'océan. C'est ce qui conduisit le SCOR (*Scientific Committee for Oceanic Research*), émanation de l'ICSU pour les sciences de l'océan, à l'occasion de sa 14^{ème} réunion générale, à Brest, en novembre 1978, à proposer la création d'un comité scientifique sur le rôle de l'océan dans le changement climatique qui fut appelé le CCCO (*Committee on Climatic Change and the Ocean*). Cette création

fut également placée sous la tutelle de la COI dépendant de l'Unesco. Le CCCO avait comme projet de prendre en main l'organisation de la recherche océanographique dans toutes ses composantes pour élucider le rôle de l'océan dans le difficile problème posé par le changement climatique et sa variabilité, naturelle et anthropique. Ce nouveau comité représentait un second pilier scientifique, après celui du JSC, pour soutenir les réflexions et les initiatives du WCRP/PMRC auprès duquel il assurait l'expertise pour le domaine océanique, à la mesure du rôle prépondérant de l'océan dans la question climatique.

Rassemblant une quinzaine de scientifiques représentant les principales disciplines de l'océanographie, le CCCO a piloté les programmes de recherche sur le rôle de l'océan dans le climat pendant près de 15 ans (1978 - 1992). Cette période marque le cœur de l'avancée des connaissances sur les relations entre l'océan et le climat qui s'est concrétisée à travers l'organisation des grands programmes internationaux tels que TOGA et WOCE.



Figure 36 : La conférence internationale de Tokyo sur les programmes océanographiques à grande échelle

L'un des événements scientifiques illustrant le rôle du CCCO fut l'organisation, conjointe avec le JSC, d'une grande conférence internationale qui

se tint à Tokyo, en mai 1982, sur les programmes océanographiques à grandes échelles destinés à répondre à la question climatique. Ce fut le premier véritable rassemblement de la communauté océanographique internationale impliquée dans le climat. J'étais présent à cette conférence pour y défendre la cause de l'Atlantique tropical, ce qui se concrétisa un an plus tard par la réalisation des programmes joints français et américain FOCAL et SEQUAL et à partir de 1985 par la prise en compte de l'Atlantique dans le programme TOGA. La conférence de Tokyo rassembla une cinquantaine de participants parmi les plus représentatifs de l'océanographie physique (Fig. 36) et donna une légitimité scientifique aux deux projets majeurs, WOCE et TOGA, qui furent, en quelque sorte, baptisés à cette occasion.

Avec cette artillerie lourde faite d'organisations internationales cautionnées par l'ONU, les chercheurs des sciences de l'environnement avaient acquis une force de frappe sans équivalent pour convaincre leurs instances scientifiques nationales et leurs gouvernements respectifs d'engager des moyens conséquents importants sur ces domaines de recherche. C'est ce qui fit que l'étude de l'environnement terrestre et du climat prit du muscle à partir des années 1980 dans les principaux pays développés. Ce fut le cas en *France*, qui s'était donné au niveau national, on l'a vu, les moyens d'une programmation scientifique performante dans ce domaine avec la mise en place d'une *Action Sectorielle Programmée : Évolution du climat* qui devint en 1981 le PNEDC avec un comité scientifique présidé par le météorologue *Pierre Morel*. Beaucoup de pays du nord s'engagèrent dans des coopérations internationales sous la bannière des programmes scientifiques dédiés aux questions fondamentales que posait l'environnement terrestre, mais qui nécessitait des moyens importants hors de portée des ressources d'un seul pays. L'internationalisation de la science était en marche avec le lancement de ces grandes opérations, désignées cependant souvent un peu malheureusement par des acronymes anglo-saxons absconds et déconcertant pour les media et le public. Mais ces rassemblements de moyens sans précédent, à la fois dans la durée et par le nombre des scientifiques engagés, venant d'horizons et de pays les plus divers, quelquefois opposés politiquement, ont permis d'apporter les premières réponses aux questions fondamentales que posait la variabilité du climat en accroissant considérablement la récolte des observations et en élaborant des concepts nouveaux qui ont fait avancer la connaissance.

Le CCCO a été l'instance scientifique internationale qui a permis d'élaborer et d'intégrer les deux premiers programmes océanographique

directement impliqués dans la question climatique : TOGA et WOCE. On peut qualifier ces programmes d'historiques car ils scellèrent pendant une décennie les recherches sur les relations entre la dynamique de l'atmosphère et la dynamique de l'océan au sein du WCRP/PRMC. Ces programmes répondaient chacun à des questions fondamentales. Pour TOGA : Comment l'océan tropical et l'atmosphère interagissent-ils pour générer des oscillations climatiques affectant l'ensemble des tropiques ? Et pour WOCE : quels est l'état moyen et la variabilité de la circulation océanique dans ses trois dimensions ?

Mon implication dans le CCCO

C'est mon implication dans l'organisation de la coopération franco-américaine dans l'Atlantique tropical, avec les programmes joints FOCAL et SEQUAL, qui m'a valu d'être nommé membre du CCCO au cours de sa troisième réunion annuelle à *Split* en *Yougoslavie* en mars 1982. Cette nomination faisait suite aux recommandations de personnalités françaises comme *Pierre Morel* et *Gérard Piketti*, alors directeur général du CNEXO (Document 21). C'était quelques mois avant la conférence internationale de *Tokyo* où je fus chargé de représenter les intérêts de la communauté scientifique des « tropicalistes » de l'Atlantique, à laquelle, outre les français et les américains, était également associé le programme soviétique SECTIONS.

En 1982 le programme TOGA n'était pas encore formellement décidé mais la variabilité interannuelle des océans tropicaux était déjà dans l'esprit de beaucoup d'océanographes et à l'ordre du jour des préoccupations du CCCO qui décida de structurer l'étude de ces régions en créant trois groupes pour les trois océans tropicaux. Un *tropical Atlantic Panel* avait été mis sur pied en mai 1981 à *Tokyo*, où j'avais été invité à titre d'expert. Ce Panel Atlantique était co-présidé par un français de l'équipe FOCAL, *Philippe Hisard*, membre d'un groupe du SCOR et associé au théoricien américain, *George Philander*. Au cours de sa réunion de *Split* en 1982, le CCCO confia à l'anglais *John Swallow* le soin de rassembler un *Indian Ocean Climate Studies Panel*, tandis que pour l'Atlantique je rejoignais un *Tropical Atlantic Ocean Climate Studies Panel* en qualité de co-président avec *George Philander*. L'océan Pacifique tropical était

Encart 3

Objectifs et organisation du CCCO

Les termes de référence résumés du CCCO situent l'ambition portée par ce rassemblement des disciplines océanographiques dans le climat :

(1) Évaluer le rôle de l'océan dans le changement et la variabilité du climat ainsi que, à l'inverse, les effets de ces changements climatiques sur la physique, la chimie, et la biologie de l'océan.

(2) Prendre en compte les voies par lesquelles la recherche océanographique peut contribuer à comprendre et à prédire le changement climatique sur des périodes allant de quelques semaines à quelques dizaines d'années.

(3) Réorganiser l'effort de recherche en océanographie pour le climat, pour le compte du PMRC (sous les auspices du tandem OMM et ICSU), en étroite relation avec le JSC et avec les organisations océanographiques existantes telles que le SCOR et la COI.

Dès sa première réunion à Miami en octobre 1979, le CCCO, sous la présidence de *Roger Revelle*⁴⁵, identifia les domaines de recherche à privilégier, se structura et, pour prendre en compte les questions les plus importantes, créa quatre groupes de réflexion :

(1)- Dynamique de l'océan en relation avec le climat. Observations, théories et modélisation.

(2)- Écologie marine en relation avec le climat

(3)- Paléoclimatologie des océans

(4)- Variabilité de la glace de mer

Dès 1979, le premier groupe⁴⁶ est apparu comme le plus important et le plus susceptible de donner lieu à des actions immédiates, il était animé par *Kurk Bryan, John Woods et Adrian Gill*. La modélisation leur apparut rapidement comme le premier axe à développer en étroite collaboration avec le JSC.

⁴⁵ *Roger Revelle*, est une figure légendaire de l'océanographie mondiale. Personnalité de la « *Scripps Institution of Oceanography* », dont il fut longtemps le directeur, l'un des berceaux de l'océanographie américaine et mondiale, il était toujours actif à plus de 80 ans. C'est lui qui, au début des années 1980, proposa au CCCO d'alerter les autorités politiques mondiales sur les dangers du changement climatique causé par l'homme.

⁴⁶ Les groupes 2, 3 et 4 étaient encore embryonnaires au départ du CCCO, mais ils se renforcèrent dans les années 1980. Le groupe 2, coquille vide en 1979, était destiné à accueillir les biologistes marins qui pouvaient avoir un intérêt pour les grandes échelles et le climat. Le canadien *Allan Longhurst* fut le premier animateur de ce groupe. En ce qui concerne le groupe 3 sur la paléoclimatologie, il fut rassemblé au début des années 1980 et un français, *Jean-Claude Duplessy*, en fut un des principaux animateurs. Le CCCO a mis l'accent sur le potentiel énorme que représentait l'étude des climats passés dans certaines régions où les sédiments se sont accumulés rapidement offrant une résolution temporelle compatible avec les échelles de temps de la variabilité climatique étudiée. Le groupe 4, dédié à l'observation de l'évolution de la glace de mer, se justifiait particulièrement par l'inquiétude que suscitait déjà le « *feed back* » positif du déglacement consécutif au réchauffement global faisant craindre une augmentation accrue et rapide de la température dans les hautes latitudes, particulièrement dans l'Arctique.

laissé pour le moment aux bons soins des américains, avec des japonais et quelques français de *Nouméa*, qui se concertaient sur des programmes étudiant le phénomène ENSO dans l'ensemble du Pacifique tropical. Cette coopération internationale locale se déployait sous la bannière d'un programme géré par la COI appelé WESTPAC (*West Pacific*). Mais ces activités dans l'océan Pacifique avaient déjà un caractère international, et anticipaient un *Tropical Pacific Ocean Climate Studies Panel* qui fut créée peu après sous la présidence de l'américain : *Bruce Taft* de l'université d'*Hawaii* et dont un français de *Nouméa*, *Jean-René Donguy*, devint membre.

Mais ces panels tropicaux n'étaient pas seulement destinés à coordonner les recherches sur les interactions entre l'océan tropical et la basse atmosphère sous le couvert de TOGA. Ils devaient aussi coordonner les études de la circulation océanique profonde des régions tropicales dans le cadre du programme WOCE qui se mettait également en place (voir plus loin). L'un des principaux objectifs de WOCE était de mesurer le transport de chaleur méridien des tropiques vers les pôles. De ce point de vue l'océan Atlantique tropical occupait une place privilégiée du fait de son étalement dans le sens méridien et son ouverture aux deux pôles, véritable tube de chaleur aspirant par le sud les eaux chaudes des deux autres océans, Indien et Pacifique, pour les convoier vers l'Atlantique nord adoucissant ainsi le climat de l'Europe et de l'Amérique du nord (Fig. 37). L'analyse des données historiques (Chapitre IV) avait montré qu'un flux méridien de chaleur d'environ un péta watts (ou 10^{15} Watts⁴⁷), traversait l'équateur Atlantique du sud au nord. A ce sujet le schéma de la figure 37 réalisé à partir des données rassemblées par *Henry Stommel* (1980) sur le transport méridien de chaleur mondial est particulièrement démonstratif quant à la place singulière de l'Atlantique. Comprendre comment la circulation océanique équatoriale, superficielle et profonde, avec ses courants superficiels principalement zonaux (est-ouest), pouvait permettre néanmoins qu'un transport de chaleur méridien (sud-nord) aussi important soit possible était une gageure qui nécessitait à la fois des observations en grand nombre à toutes profondeurs et des modèles appropriés. Ces particularités atlantiques ont attiré de nombreux projets WOCE de la part de plusieurs pays, dont la *France*, comme on le verra plus loin.

⁴⁷ On a calculé qu'un Péta Watts représente la puissance d'un million de centrales nucléaires de 1 000 Méga Watts chacune !

L'étude des interactions océan-atmosphère dans les tropiques

Si les océans équatoriaux et tropicaux, soumis à l'action mécanique du vent, répondent par une dynamique singulière, mise en évidence dans l'Atlantique par les programmes couplés FOCAL et SEQUAL comme on l'a vu précédemment, à l'inverse ces océans chauds ont une action spécifique sur l'atmosphère et interagissent puissamment avec elle.

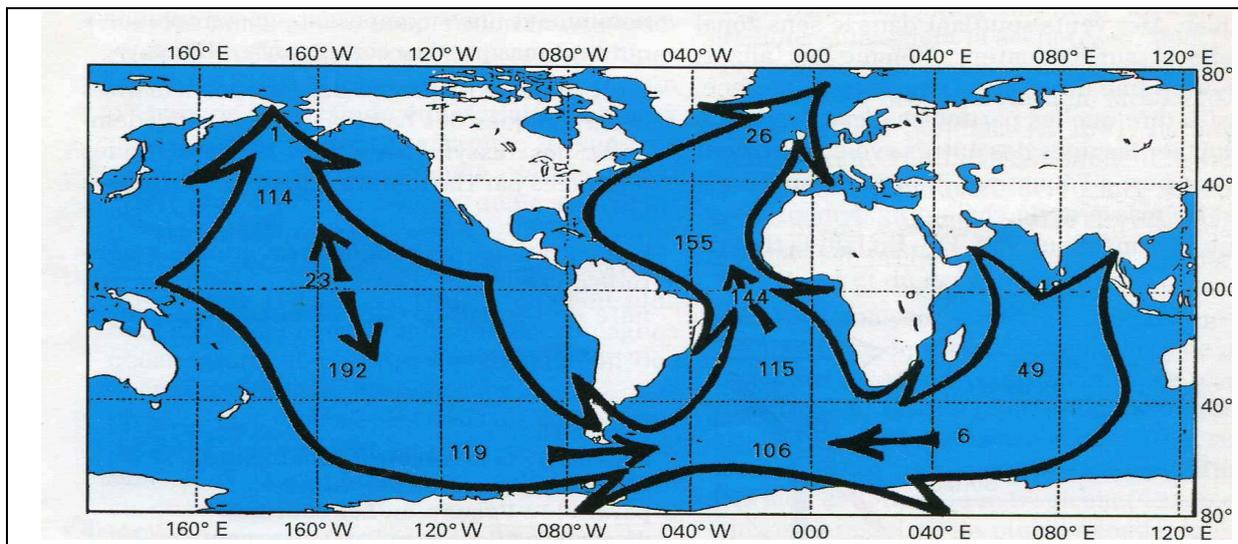


Figure 37 : Le transport thermique méridien mondial, les chiffres (en 10^{14} de Péta Watts) sont de Stommel (1980).

L'une des caractéristiques parmi les plus importantes de l'atmosphère des basses latitudes est sa grande sensibilité aux conditions océaniques de surface, principalement à la température. C'est cette sensibilité et l'intense échange thermodynamique qui en résulte, incluant des transferts de chaleur et de vapeur d'eau, qui permet le développement et l'entretien de phénomènes comme ENSO, cette oscillation météo-océanique qui embrasse plusieurs fois par décennie le *Pacifique* équatorial et étend ses effets à l'ensemble de la ceinture tropicale et au delà. Dans ces échanges énergétiques et thermodynamique, on observe des actions de l'atmosphère sur l'océan et des rétroactions de l'océan sur l'atmosphère qui, en boucle, déterminent l'interaction des deux milieux. Deux paramètres de l'interface sont déterminants, le vent et la température de l'océan superficiel. Ainsi, lors d'un début d'El Niño, (la phase chaude d'ENSO),

les régions affectées par des températures de surface élevées comme la *Warm pool* du Pacifique équatorial occidental, font converger les vents (les alizés) autour de cette anomalie chaude ; les vents à leur tour génèrent une dynamique océanique particulière faite d'ondes et de courants susceptibles de déplacer les eaux chaudes de surface en direction de l'est comme on l'a montré précédemment. Ces eaux chaudes modifient à leur tour les vents de la région qui modifient la température ...etc. fermant ainsi une boucle d'interactions.

Mais ces interactions ne se limitent pas à la couche océanique superficielle. Comme on l'a vu précédemment (Chapitre II et IV) la singularité équatoriale liée à la rotation de la Terre implique une dynamique océanique (et atmosphérique) particulière qui génère à l'équateur des courants intenses dans le sens est-ouest et ouest-est créant sur la verticale un feuilletage de courants coulant alternativement vers l'ouest et vers l'est. Le sous-courant équatorial coulant en direction de l'est, en sens inverse du courant équatorial superficiel (voir chapitre II, figure 9) soumis aux alizés, est une manifestation de cette singularité équatoriale affectant les premiers 100 mètres de profondeur. Par ailleurs les courants équatoriaux de surface s'intensifient sur leur bord ouest et infléchissent leur trajectoire en direction des pôles créant, dans l'Atlantique, le *Gulf Stream* pour l'hémisphère nord et son équivalent au sud, le *courant du Brésil*. De ce fait cette dynamique équatoriale principalement zonale (Est – Ouest) est cependant compatible avec l'énorme transport de chaleur méridien observé à proximité de l'équateur (Fig. 37).

Il était donc nécessaire d'étudier les régions intertropicales de la surface au fond pour comprendre leur rattachement et leur contribution à la circulation générale de l'océan mondial, objectif du programme WOCE. Le *Tropical Atlantic Ocean Climate Studies Panel* que je co-dirigeais était donc, de ce fait, également impliqué dans la programmation de WOCE. Cette double implication dans TOGA et WOCE m'a amené à présenter en de nombreuses occasions devant des scientifiques ou le grand public le phénomène ENSO, objet d'étude principal de TOGA, résumé dans l'encart 4 ci-dessous. Mais j'ai été aussi amené à participer à de nombreuses réunions strictement scientifiques pour présenter et défendre la place de l'océan Atlantique dans le concert des projets de recherche dédiés à l'étude du rôle de la circulation océanique globale dans le climat (projets WOCE). Je ne rapporterai ici que deux de ces réunions : à *Londres en Grande Bretagne* en 1986 et à *Cairns en Australie* en 1988 surtout parce qu'elles ont eu pour moi des résonnances anecdotiques particulières.

Mes «connivences » avec Pierre et Marie Curie

La conférence de *Londres* qui s'est tenue à la « *Royal Meteorological Society* » en septembre 1986 avait pour objectif de faire le point des connaissances sur la variabilité de l'atmosphère et de l'océan à l'échelle interannuelle récemment mise en évidence. Le « gratin » de la météorologie et de l'océanographie avait été rassemblé par les institutions internationales gravitant autour de l'OMM, et notamment le CCCO dont je faisais partie, dans un cadre évidemment majestueux parce que « *Royal* » ! La programmation de cette semaine de conférences avait placé les interactions océan atmosphère dans les tropiques (Phénomènes de type El Niño) le premier jour; et l'Atlantique, jugé d'intérêt plus mineur que le Pacifique, ouvrait cette session tropicale en premier comme un hors d'œuvre ; si bien qu'après les discours rituels d'ouverture, j'étais chargé de présenter la première conférence qui avait pour titre : *Seasonal and interannual variability of the tropical Atlantic ocean*. Les hasards de l'agenda me plaçaient ainsi dans une position particulièrement en vue alors que rien dans mon exposé n'était susceptible de me mettre sur le devant de la scène. Sur le programme de la conférence, après le nom du conférencier, était ajoutée l'institution scientifique à laquelle il appartenait. Derrière le mien il était écrit : *Université Pierre et Marie Curie – Paris*, mon affectation de l'époque.

J'étais très impressionné de devoir, le premier, donner le coup d'envoi, en anglais, de cette manifestation scientifique devant une si noble assemblée et dans une atmosphère « *So British !* » où en pareille circonstance l'humour est de tradition. Mais je n'avais pas trouvé la petite phrase introductive drôle qui aurait pu détendre l'atmosphère et moi-même par la même occasion. Je fus cependant miraculeusement sauvé par le président de cette session tropicale, *Sir John M....*, qui devait présenter chaque conférencier, le titre de son exposé et son institution scientifique. Il lut donc sur le programme de la conférence le titre de mon exposé en l'attribuant à : « *Jacques Merleand Pierre et Marie Curie* ». Énorme éclat de rire de l'assemblée devant la bourde de ce président de séance, par ailleurs très connu et récemment anobli par la Reine. Je me levai alors pour commencer ma présentation et mû par une subite inspiration je lâchais en anglais : *I am sorry but Pierre and Marie Curie can't be there today with me* – En français : *je suis désolé mais Pierre et Marie Curie ne pourront pas se joindre à moi aujourd'hui !*, nouvel éclat de rire général. J'avais réussi mon

introduction et évacué mon trac. On m'a dit après que j'avais fait une bonne défense de l'Atlantique tropical. À la fin de la session, plusieurs scientifiques britanniques, qui n'étaient manifestement pas des amis de *Sir John M...*, vinrent me féliciter, ajoutant à l'adresse de celui-ci, si mal informé de l'histoire de la science française : *What a ridiculous person !*

Cette conférence de *Londres*, rassemblant les communautés scientifiques de l'atmosphère et de l'océan sur la question de la variabilité climatique interannuelle, et les péripéties anecdotiques qui accompagnèrent ma participation, restera pour moi un des moments forts de ma carrière scientifique avant que, par la suite, je ne sois happé progressivement par des responsabilités bureaucratiques dont je parlerai plus loin.

Les tribulations d'un océanographe voyageur

Cairns est une petite ville de la côte nord orientale de l'*Australie*, c'est là que des scientifiques australiens avaient offert d'accueillir le *JSC-CCCO TOGA Scientific Steering Group* pour sa septième session de juillet 1988. Le voyage par *Londres, Denver (Colorado), Los Angeles, Auckland (N. Zélande), Sydney* et *Cairns (Australie)* ne fut pas de tout repos et ma mission faillit se terminer à l'aéroport de *Sydney* où après avoir passé la police et la douane je constatai avec effarement que j'avais perdu mon portefeuille et mes cartes de crédit ; j'étais donc sans argent, seul, épuisé par près de 30 heures de vol et ne voyais comme solution que de contacter le consulat de *France*. C'est alors qu'utilisant le brin de cervelle qui me restait je me persuadais que je n'avais pu perdre ce portefeuille que sur le siège de l'avion ; je demandais alors, et obtins par miracle des autorités aéroportuaires australiennes, de faire le chemin inverse, douane, police, jusqu'à l'avion. Arrivé en vue de sa passerelle, je vis au sommet de celle-ci un *steward* qui agitait les bras, mon portefeuille à la main. Il avait compris à ma mine que j'en étais le propriétaire. Pour finir, au tourniquet de livraison des bagages ma valise aussi avait disparu, perdue au cours d'un transfert précédent, d'où déclaration de perte et arrivée dans des hôtels successifs à *Sydney, Cairns...* sans bagages, mais heureusement avec de l'argent et une pièce d'identité ! Ces détails sont sans importance pour l'avenir de la science climatique et communs à beaucoup de voyageurs, mais ils sont restés dans ma mémoire et témoignent de la vie pratique, parfois difficile, voire périlleuse, d'un

océanographe « voyageur » qui s'est imprudemment éloigné de son laboratoire ou de son navire de recherche⁴⁸ !

La réunion de *Cairns*, bien que dédiée principalement à TOGA, a permis de procéder à une revue générale, par océan, des programmes océanographiques à finalité climatique et de ce fait a également contribué aux objectifs du programme WOCE. J'étais, évidemment, chargé de l'Atlantique mais pas seulement de sa partie tropicale car *George Philander*, mon acolyte, avait élargi le domaine d'investigation de notre panel à la variabilité climatique de l'ensemble de l'Atlantique. Il avait écrit dans ce sens au président du CCCO de l'époque, l'australien *Angus Mac Ewan*, chargé d'animer le symposium de *Cairns*. *Philander* montrait que, bien que dépourvu d'un signal climatique aussi prononcé qu'El Niño dans le Pacifique, l'Atlantique était doté d'une riche palette de fréquences de variabilités couvrant une échelle temporelle allant du mois à plusieurs décennies. J'ai fait part de ces considérations aux participants du symposium et produit un rapport qui préconisait l'étude de l'interconnexion de ces différents signaux climatiques en se dotant des outils nécessaires en données d'observation et en modèles pour mieux analyser cette variabilité multifréquence. A cette occasion, pour la première fois, et encore en réponse à une suggestion de *George Philander*, des ébauches de produits océanographiques opérationnels assimilant les données disponibles dans un modèle réaliste, ont été présentées (Voir plus loin).

Le programme TOGA

Bien que centré sur les tropiques et le Pacifique le phénomène ENSO a un retentissement climatique global qui touche une grande partie de la planète. La perspective de comprendre la cause de ces cycles apériodiques, de façon à les prévoir au moins partiellement, a convaincu les scientifiques et les décideurs des années 1980, d'étudier en profondeur ce phénomène, en prélude à une compréhension plus large de la variabilité du climat. Une entreprise aussi ambitieuse nécessitait un effort coordonné sans précédent des océanographes et des atmosphériciens. Il fallait collecter des observations sur les deux milieux et

⁴⁸ Un collègue et ami allemand, malheureusement disparu : *Fritz Schott*, avait coutume de dire qu'il distinguait maintenant trois catégories d'océanographes : les *océanographes observateurs*, longtemps seuls, puis, depuis les années 1980, les *océanographes modélisateurs* auxquels il faut maintenant ajouter les *océanographes voyageurs* : Ce sont ceux qui se promènent aux quatre coins du monde pour se raconter entre eux des histoires d'océanographes et accessoirement discuter des résultats récents et des idées des observateurs et des modélisateurs. J'appartenais maintenant clairement à cette catégorie moquée des *océanographes voyageurs* !

dans les trois océans, et construire des modèles suffisamment réalistes pour pouvoir utiliser leurs simulations en mode prédictif. Un tel effort nécessitait un rassemblement de moyens et de personnels scientifiques qui ne pouvait être obtenu que dans le cadre d'un grand programme international et sur une longue durée. C'est ce qui amena les scientifiques d'une quinzaine de pays, orchestrés par le WCRP/PRMC et le CCCO, à proposer le programme TOGA.

Encart 4

ENSO : *El Niño and the Southern Oscillation*

El Niño était, à l'origine, un réchauffement anormal des eaux de surface de l'océan équatorial pacifique oriental au large du Pérou et de l'Équateur qui avait attiré l'attention des pêcheurs depuis des siècles. Le phénomène se reproduit à une fréquence moyenne de 2 à 3 événements par décennie. Il s'accompagne de perturbations climatologiques qui affectent le Pacifique mais aussi l'ensemble de la ceinture tropicale. Ce phénomène est le résultat d'une instabilité couplée entre l'océan tropical et la basse atmosphère. Un météorologue norvégien, *Jacob Bjerknes*, fut le premier à associer ce réchauffement océanique au large du Pérou à une vaste oscillation atmosphérique affectant l'ensemble de la région Indo-Pacifique. Celle-ci avait été mise en évidence par un officier britannique en poste aux Indes, *Sir Gilbert Walker*. Il l'appela *Oscillation Australe* (*Southern Oscillation* en anglais), montrant qu'il existait une corrélation significative entre la pression atmosphérique de surface de l'ouest Pacifique, au nord de l'Australie, et la région située entre l'île de Pâques et la Polynésie, à l'autre extrémité du Pacifique, à plus de 10 000 km de distance. *Bjerknes* montra que cette oscillation atmosphérique à distance était corrélée aux températures de surface de l'océan Pacifique intertropical. Après plusieurs décennies d'études intensives du phénomène, la communauté scientifique internationale est maintenant en mesure d'en comprendre globalement la nature et de prévoir son évolution dans certaines conditions. Lorsque la différence de pression de l'*oscillation australe* entre l'ouest et l'est du Pacifique est grande les vents alizés sont intenses et poussent les eaux chaudes en direction de l'ouest vers la *warm pool*. Si cette différence de pression s'atténue, les vents faiblissent et ne retiennent plus ces eaux chaudes à l'ouest, qui alors se répandent le long de l'équateur en direction de l'est. Il y a également des ondes générées par ces variations brutales des vents alizés, qui se propagent le long de l'équateur, modifiant la température de surface de l'océan et son échange énergétique avec la basse atmosphère ainsi que le vent, créant ainsi une interaction couplée entre l'atmosphère et l'océan qui se propage en direction de l'est vers les côtes du Pérou et de l'Équateur. La grande étendue de l'océan Pacifique dans le sens zonal permet au phénomène de se développer jusqu'à atteindre une grande amplitude et générer des anomalies climatiques très significatives : sécheresse intense dans le nord de l'Australie, Indonésie, Philippines et au contraire précipitations exceptionnelles dans les régions désertiques du Nord Pérou. D'autres régions du monde semblent aussi affectées par le phénomène sans que des corrélations significatives puissent toujours être démontrées. *El Niño* a une contrepartie : *la Niña*, le pôle froid de cette oscillation météo-océanique qui se manifeste lorsque la différence de pression atmosphérique entre l'est et l'ouest du Pacifique (oscillation australe) atteint son maximum générant des vents alizés très intenses qui poussent les eaux chaudes en direction de l'ouest et au contraire refroidissent la température de l'océan à l'est. *La Niña* se caractérise par cette anomalie froide de la température de surface de l'océan Pacifique oriental, générant des perturbations climatologiques inverses de celle observée pour *El Niño* : précipitations accrues sur le Pacifique occidental incluant le nord de l'Australie, l'Indonésie, sécheresse au contraire en *Équateur* et au *Pérou*.

TOGA a donc été bâti autour du phénomène ENSO pour en comprendre les mécanismes physiques et si possible le prévoir pour atténuer son impact sur les populations de la ceinture tropicale. Il est rapidement apparu qu'il était nécessaire à la fois de collecter des observations sur une longue période (TOGA dura 10 ans) et de développer des modèles numériques susceptibles de simuler de façon réaliste l'interaction des 2 milieux en jeu : l'atmosphère globale et les couches superficielles des océans tropicaux. L'objectif à plus long terme, au-delà des 10 ans du programme, était aussi d'établir un observatoire permanent des océans tropicaux prélude à une océanographie opérationnelle semblable à la météorologie opérationnelle pour la prévision quotidienne du temps. Les observations océaniques seraient assimilées dans des modèles réalistes susceptibles de prévoir, comme le fait la météo pour l'atmosphère, l'évolution de l'océan.

Après qu'un océanographe britannique : *Adrian Gill*, en 1982, eut exprimé ces idées et transmis la proposition d'organiser un programme international sur le sujet, le CCCO créa un groupe de travail dont l'animation lui fut confiée. Sa mission était d'établir les fondements scientifiques d'un tel programme susceptible d'attirer à la fois des météorologues et des océanographes des régions tropicales. Conformément au mode opératoire des programmes internationaux en usage dans la sphère du WCRP/PRMC et de l'OMM, un SSG (*Scientific Steering Group*) fut mis en place toujours sous la présidence d'*Adrian Gill* qui fut remplacé, après son décès en 1986, par un Australien, *Peter Webster*. Le SSG proposa alors un plan scientifique pour TOGA (WCRP Report N° 3) et organisa à Paris à l'Unesco en septembre 1984 une conférence scientifique destinée à faire le point des connaissances et à faire connaître à la communauté scientifique internationale les possibilités offertes par le programme TOGA. C'est cette conférence, qui précédait la soutenance de ma thèse (Chapitre V), et au cours de laquelle j'ai été chargé de présenter, avec le Brésilien *Antonio Moura* et mon collègue *Yves Tourre*, l'implication de l'océan Atlantique tropical dans la variabilité de l'atmosphère globale et du climat.

À la suite de cette conférence de l'Unesco, le programme fut lancé sous le patronage d'un ITB (*International TOGA Board*) qui était une structure intergouvernementale destinée à rassembler les responsables gouvernementaux des principaux pays engagés, dont bien évidemment la *France*, pour garantir l'engagement des moyens humains et matériels annoncés. Enfin, pour coordonner les opérations de terrain entre les différentes institutions nationales

participantes, un IPO (*International Project Office*) fut mis en place en Angleterre. Avec cet ensemble de structures de gestion et de coordination, le programme débuta officiellement le 1er janvier 1985 pour 10 ans : 1985-1995. C'était la première fois, si l'on met à part les océanographes observateurs de GATE en 1974, que des océanographes et des atmosphériciens interagissaient aussi étroitement. Les objectifs et les opérations tels qu'ils ont été élaborés par le SSG sont résumés dans l'encart 5.

Encart 5

Objectifs généraux, opérations et observations de TOGA

Les objectifs

- Apporter une description des océans tropicaux et de l'atmosphère globale, considérés comme formant un système couplé variable dans le temps, de façon à déterminer dans quelle mesure ce système est prévisible à des échelles de temps de quelques mois à quelques années, et comprendre les mécanismes qui sous-tendent cette prévisibilité.

- Étudier la possibilité de modéliser le système couplé océan-atmosphère dans le but de prévoir ses variations de quelques mois à quelques années.

- Fournir les bases scientifiques nécessaires à l'établissement d'un système d'observation et de transmission de ces observations pour réaliser une prévision opérationnelle.

Les opérations

Pour atteindre ces objectifs, cinq types d'opérations étaient proposées :

- Mettre en place un système d'observation de l'océan et de la basse atmosphère.

- Réaliser une étude de processus : *coupled ocean atmosphere response experiment* (COARE), essentielle à la compréhension des mécanismes d'échange énergétique entre les deux milieux dans la région chaude de l'ouest Pacifique, la « *warm pool* ».

- Développer des modèles d'océans et des modèles couplés océans-atmosphère dans la perspective de prévoir l'évolution du système couplé.

- Conduire des études diagnostiques du phénomène ENSO.

- Rattacher ENSO aux phénomènes semblables affectant les autres régions tropicales, dans l'océan Indien (mousson) et l'océan Atlantique.

Les observations

- Bouées ancrées en profondeurs le long de l'équateur

- Bouées dérivantes de surface

- Réseau de marégraphes

- Réseaux des navires marchands

- Observations des navires de recherche

- Observations satellites

TOGA peut être considérée comme le premier grand programme international pour lequel océanographes et atmosphériciens ont interagi en équipe, sans distinction d'origine et de culture scientifique. C'est aussi le programme le plus étendu dans le temps, et le premier qui préfigure l'océanographie opérationnelle de demain pour la prévision du climat, semblable à la météorologie opérationnelle pour la prévision du temps. C'est cette perspective de prévision opérationnelle du climat qui a conduit TOGA, après les observations, à donner également beaucoup d'importance à la modélisation.

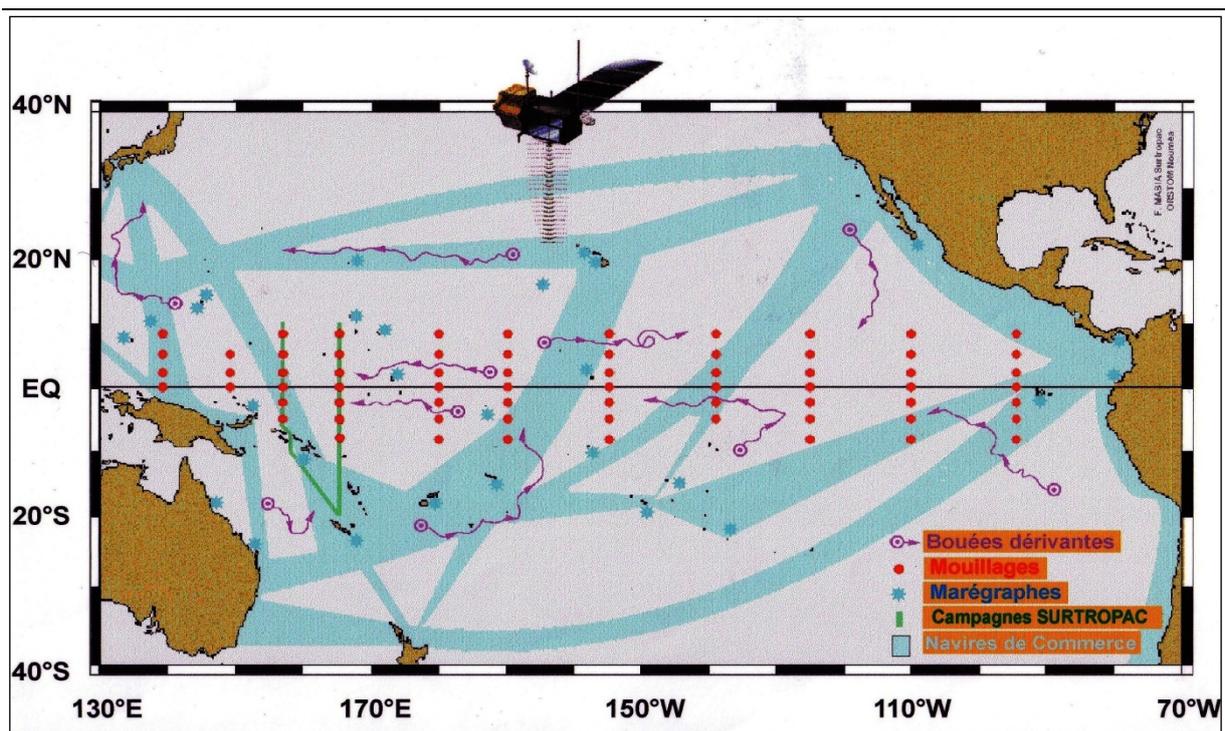


Figure 38 : Le réseau d'observations TAO (bouées ATLAS) couvrant le Pacifique auquel la *France* a participé à partir du centre ORSTOM de *Nouméa*.



Figure 39 : Opération de maintenance d'une bouée ATLAS

Mais, pour développer des modèles réalistes, avec une bonne capacité de prévision il faut disposer d'observations nombreuses et de qualité, à la fois dans chacun des deux milieux et à leur interface. C'est pourquoi un effort coûteux sans précédent a été consacré aux systèmes d'observations mis en place. Ces systèmes d'observations, encore expérimentaux durant TOGA, ont progressivement pris un caractère opérationnel peu de temps après la fin du programme à l'image du réseau de mouillages (Bouées ATLAS) du Pacifique équatorial initié par la NOAA et appelé TAO (*Tropical Atmosphere Ocean project*) auquel d'autres pays, dont la France (avec l'équipe ORSTOM de Nouméa), ont contribué (Figs. 38 et 39).

C'est dans ce contexte, que, poussé par *George Philander*, j'ai tenté d'amorcer des activités nouvelles en l'océanographie en France, au moins en ce qui concerne les régions tropicales. Il s'agissait de développer des produits opérationnels susceptibles d'offrir les images les plus réalistes possibles de l'océan en associant les simulations d'un modèle réaliste aux observations disponibles. On était dans la préhistoire, maintenant oubliée, de l'océanographie opérationnelle en France. Dans une note j'ai tenté de convaincre les responsables de plusieurs organismes de recherche français, dont bien évidemment l'ORSTOM, de l'opportunité de s'unir pour développer, sans plus tarder, un centre d'océanographie opérationnelle pluri-organisme en France (Document 22). Une première tentative individuelle dans ce sens fut lancée, à partir de 1989, dans la région tropicale Atlantique, à l'initiative du groupe

ORSTOM du LODYC ; elle est présentée plus en détail Chapitre VII. Deux décennies plus tard l'océanographie opérationnelle a prit corps formellement avec la création d'un GIP (*Groupement d'Intérêt Public*) *MERCATOR-OCEAN* rassemblant cinq organismes de recherche français : Météo-France, CNRS, IFREMER, SHOM et IRD (ex ORSTOM) pour offrir à des usagers potentiels des produits décrivant l'océan de façon réaliste. Ces produits associent les observations disponibles aux simulations numériques de modèles à haute résolution parmi les plus performants. L'objectif final de TOGA était enfin atteint.

Le programme WOCE

WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*) est né de la prise de conscience des océanographes de leur méconnaissance presque totale de la dynamique et de la circulation générale des océans. Certes les schémas généraux de cette circulation étaient connus, mais la très faible densité d'observations de qualité, notamment dans les profondeurs, renvoyait une image encore très floue de cette circulation moyenne et surtout de sa variabilité. Certaines régions difficiles d'accès étaient encore totalement inconnues, d'autres, soumises à une variabilité multifréquences importante, étaient insuffisamment échantillonnées. Il devenait indispensable et urgent d'acquérir une connaissance minimale de cette circulation générale et de sa variabilité compte tenu du rôle de l'océan dans le climat qui venait d'être réévalué notamment en ce qui concerne le rééquilibrage énergétique de la Terre entre les tropiques et les plus hautes latitudes (Chapitre IV).

C'est *Carl Wunsch*, un des océanographes parmi les plus connus, professeur au célèbre *Massachusetts Institut of Technology (MIT)*, qui le premier exprima publiquement l'idée d'organiser une opération internationale visant à rassembler une part substantielle des moyens de l'océanographie mondiale, notamment ses navires, pour couvrir l'océan de stations hydrologiques (mesures de température et de salinité en profondeur). Son projet fut accueilli au début avec scepticisme par une partie de la communauté scientifique américaine et internationale. Revenir à des observations hydrologiques classiques rappelant l'océanographie des grandes campagnes historiques du début du siècle pouvait apparaître comme un retour en arrière. Néanmoins, dès 1982, *Carl Wunsch*, soutenu par *Francis Bretherton* et quelques autres, chercha à promouvoir son

idée en s'appuyant sur les perspectives offertes par les nouveaux outils de l'observation spatiale. Mais ces projets spatiaux, notamment TOPEX et POSEIDON, issus des cartons des grandes agences spatiales, CNES pour la France et NASA pour les *États-Unis*, n'avaient pas encore complètement convaincu la communauté scientifique et, plus ennuyeux, ces projets n'étaient pas assurés d'être financés par leurs gouvernements respectifs. Néanmoins la complémentarité de l'observation *in situ* du projet WOCE avec les projets spatiaux, rendait le dossier commun beaucoup plus défendable. Ces projets spatiaux visaient à observer la topographie de la surface de l'océan pour en déduire les courants de surface, calculés à partir des gradients de pression que traduisait cette topographie, comme les météorologues le font chaque jour pour estimer les vents à partir du champ de pression atmosphérique. Et à partir de ces courants de surface, la connaissance de l'intérieur de l'océan obtenue par les mesures *in situ* WOCE permettait théoriquement de déterminer les courants à toutes profondeurs.

Cependant, la démonstration de cette complémentarité ne fut pas immédiatement convaincante. Beaucoup d'océanographes « aux pieds mouillés », comme on appelle ceux qui font des mesures sur les bateaux par opposition aux théoriciens qui travaillent avec un ordinateur, ou un papier et un crayon, restaient méfiants et incrédules. Pour rendre le projet plus crédible il fallait l'internationaliser. C'est la raison pour laquelle *Carl Wunsch* le présenta au CCCO. Très rapidement le CCCO comprit que WOCE était une riche idée qu'il fallait soutenir avec énergie, ce qui fut fait. L'acte de naissance de WOCE, en tant que projet international, date de la conférence jointe CCCO/JSC sur les programmes océanographiques à grande échelle, qui se tint à Tokyo en mai 1982 et à laquelle j'ai participé.

Après cette conférence, le CCCO prit en charge la construction du projet et créa, conjointement avec le JSC, un SSG (*Scientific Steering Group*). WOCE était un projet à dominante océanographique mais qui restait assujéti à un droit de regard des climatologues et des atmosphériciens par l'intermédiaire du JSC sous l'égide de l'OMM. Dès 1983, le SSG-WOCE précisa les objectifs du programme et créa plusieurs groupes de travail pour avancer dans la définition du projet. La tâche était ardue, car une trentaine de pays étaient impliqués sur les quatre océans avec des objectifs étendus à presque tous les champs de l'océanographie. Il fallut aussi établir un *Woce International Project Office-WOCE/IPO* à *Wormley* en *Angleterre*, et lorsque l'on approcha des échéances opérationnelles, un centre de gestion des opérations à la mer fut créé en

Allemagne. Un plan scientifique (Encart 6) fut établi en 1986 et un plan opérationnel en 1988. Une grande conférence scientifique se tint à *Paris* en novembre 1988. J'y ai participé en qualité de membre du comité d'organisation et co-président du Panel Atlantique du CCCO. Elle rassemblait à la fois les chercheurs et les décideurs des pays désireux de participer à ce programme et marquait le coup d'envoi officiel du programme. On peut affirmer que ce rassemblement sans précédent, sinon celui de TOGA, d'océanographes de toutes spécialités et appartenant à plus de trente nations a été un grand succès, ne serait-ce que par le nombre et la qualité des observations qu'il a permis de recueillir. WOCE a ainsi apporté une contribution décisive à la connaissance de la circulation océanique planétaire, observée à toutes échelles. Il a répondu, au moins partiellement, à plusieurs questions concernant le rôle de l'océan dans l'établissement du climat et sa variabilité. La principale est celle de sa fonction de redistribution énergétique, sous forme thermique, qui fut précisée et chiffrée. Il peut paraître étonnant qu'une question aussi fondamentale concernant ce qui rend notre Terre habitable n'ait été abordée sérieusement qu'à la fin du XX^{ème} siècle et que les premières réponses y aient été apportées seulement récemment avec WOCE. Mais il fallait pour cela être préalablement capable de fédérer d'énormes moyens d'observation sur plus de 70 % de la surface de la Terre couverte par l'océan. Ce fut la réussite de WOCE.

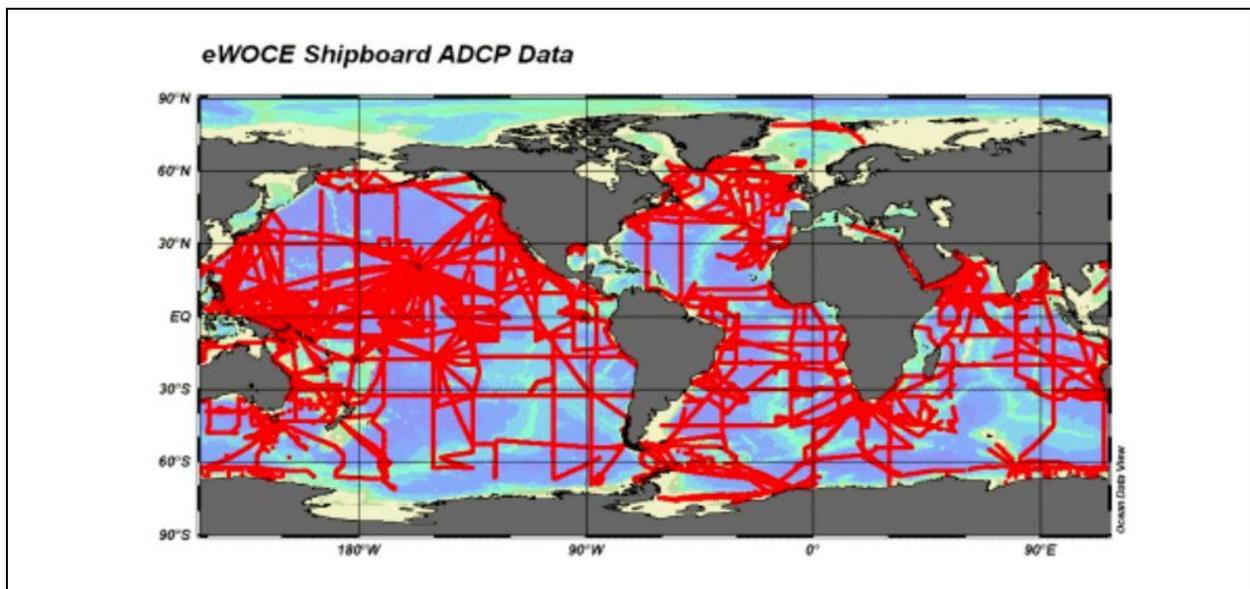


Figure 40 : Position des observations de température, salinité et densité durant WOCE

Encart 6

Objectifs, organisation et opérations de WOCE

Deux **objectifs** principaux étaient assignés à Woce :

(1) Développer des modèles de prévision du changement climatique et collecter les observations nécessaires.

(2) S'assurer de la représentativité d'une image à long terme de l'océan et identifier des méthodes permettant de déceler sa variabilité.

Trois **projets** à caractère géographique se partageaient l'océan mondial :

Projet 1 : décrire de manière quantitative la circulation à l'échelle planétaire : transport de chaleur, d'eau et de constituants chimiques.

Projet 2 : explorer la circulation circumpolaire antarctique et ses échanges avec les 3 bassins océaniques : Atlantique, Indien et Pacifique.

Projet 3 : étudier les processus dynamiques les plus importants qui assurent le maintien de la circulation générale dans les zones clés.

Le **système d'observation** s'appuyait sur :

- des **campagnes hydrologiques** (Figure 40) de la surface au fond ;
- des **sections hydrologiques répétées**, pour étudier des régions clés ;
- des **lâchers de flotteurs** de subsurface suivis acoustiquement ;
- des **observations satellitaires** altimétriques ;
- des **mouillages** en point fixe pour cartographier les échanges entre bassins ;
- des **mesures météorologiques** de surface pour valider les observations par satellite ;
- des **observations thermiques** par navires marchands avec sondes thermiques perdues ;

La **modélisation** devait viser des objectifs de simulation des mouvements océaniques résolvant les tourbillons à moyenne échelle de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres.

Peu après, les satellites offrirent d'autres moyens d'observation plus globaux encore, continus dans l'espace et le temps, et complémentaires des observations *in situ*. Une nouvelle océanographie et de nouveaux concepts naquirent de cette vision depuis l'espace, présentés dans ce qui suit.

L'espace, nouveau domaine de coopération Franco-américain

L'année géophysique internationale (Chapitre II) en 1957 - 58 a vu l'émergence de l'épopée spatiale avec le lancement par les soviétiques de *Sputnik 1*, le premier satellite artificiel de la terre auquel ont répondu presque immédiatement les Américains par le lancement d'un satellite appelé *explorer* et 10 ans plus tard en posant les pieds sur la Lune. La conquête spatiale a incontestablement bénéficié de la compétition acharnée entre l'Est et l'Ouest dans le contexte d'une guerre larvée : la guerre froide. Il fallut cependant attendre la fin des années 1960 et les années 1970 pour que le monde scientifique prenne conscience que ces satellites artificiels de la Terre pouvaient être utilisés pour son observation et pas seulement pour voyager dans l'espace. Ce constat fut plus particulièrement mis en évidence au cours d'une conférence organisée par la NASA qui se tint aux *États-Unis* à *Williamstown* au *Massachusetts* en 1969. Cet événement, auquel participèrent plusieurs Français, marque le départ de l'observation de la Terre à partir de ces plates-formes satellisées gravitant au-delà de l'atmosphère terrestre à plusieurs centaines de kilomètres d'altitude. Les participants au colloque convinrent en conclusion qu'un des objectifs principaux de l'observation spatiale pouvait être d'étudier : *Les contributions possibles de mesures précises de position, de vitesse et d'accélération depuis l'espace à la solution de problèmes géophysiques et d'océanographie*. La collection complète des usages scientifiques possibles de l'observation spatiale fut alors inventoriée et une prise de conscience de l'intérêt que ces nouvelles technologies spatiales représentaient commença à diffuser parmi la communauté des sciences de l'environnement. Dès lors, chacun des domaines de la géophysique chercha à tirer parti de l'observation spatiale et une grande variété d'instruments et de projets furent proposés au cours des années 1960-1970. Tous ces projets ne virent pas le jour, car la compétition était sévère

auprès des agences spatiales, comme la NASA et le CNES, dont les ressources étaient limitées.

Le premier programme spatial civil spécifiquement dédié à l'océanographie (en dehors de GEOSAT satellite militaire), sélectionné par la NASA, fut SEASAT, lancé en 1978. SEASAT démontra surtout le potentiel de l'altimétrie, qui sera ultérieurement à l'origine du programme commun Franco-américain associant le projet français POSEIDON au projet américain TOPEX. SEASAT eut une durée de vie très courte : moins de 3 mois. Mais d'autres programmes spatiaux non spécifiquement dédiés à l'océanographie, notamment les satellites météorologiques, furent utilisés à partir des années 1970 par des océanographes pour restituer certains paramètres océaniques de la surface, tel que le vent et la température de la mer. En fait les océanographes ne prirent vraiment conscience de l'intérêt de l'observation spatiale que relativement tardivement, dans les années 1970, alors que la nécessité de couvrir l'océan d'observations continues dans l'espace et le temps apparaissait de plus en plus indispensable mais restait presque irréalisable avec les seuls moyens d'observations conventionnels du moment, c'est-à-dire les navires. Les premiers satellites artificiels de la Terre démontraient au contraire tous les avantages que l'on pouvait tirer d'une observation de la Terre et de l'océan « d'en haut »⁴⁹ accédant ainsi à une couverture d'observations continues dans l'espace et le temps.

Mais ce qui révolutionna surtout l'océanographie c'est la mesure de l'altitude absolue de la surface de l'océan, appelé *hauteur dynamique*, à l'aide de radars embarqués : les altimètres. Cette topographie, après avoir été corrigée des creux et des bosses du géoïde⁵⁰, reflète la densité moyenne de la colonne liquide océanique sous-jacente et détermine les gradients de densité et donc de pression à l'intérieur du fluide océanique qui sont le moteur des courants profonds comme le sont les gradients de pressions de l'atmosphère pour les vents. On a déjà souligné la complémentarité heureuse de cette observation de la surface de l'océan depuis l'espace avec les campagnes de mesures *in situ* de la densité de

⁴⁹ On se souviendra que c'est *Socrate*, sous la plume de *Platon*, qui aurait prononcé, il y a plus de 2 400 ans, cette phrase étonnante : *L'homme doit s'élever au dessus de la Terre jusqu'à la frange extérieure de l'atmosphère et même au-delà, car c'est ainsi qu'il comprendra le monde où il vit !*

⁵⁰ Le géoïde est la forme théorique de la surface que prendrait la terre soumise à la seule force de gravité. C'est une surface équipotentielle du champ de gravité déterminé par la densité des couches plus ou moins solides de l'intérieur de la terre. Le géoïde est bosselé et présente des creux et des bosses de plusieurs dizaines de mètres par rapport à l'ellipsoïde de révolution auquel on assimile, en première approximation, la forme de la Terre.

l'océan en profondeur du programme WOCE pour déterminer les champs de courants de l'océan mondial à toutes profondeurs.

Après des péripéties multiples, les deux projets, TOPEX recommandé par la NASA et POSEIDON recommandé par le CNES, fusionnèrent. C'était la conclusion d'un accord entre les *États-Unis* et la *France*, signé en 1987, pour mener un programme commun d'observation de la topographie de la surface des océans ; il fut naturellement désigné par la jonction des deux sigles : TOPEX/POSEIDON. Un appel d'offre à propositions pour des projets scientifiques attachés à ces instruments très coûteux fut lancé en 1989 auprès des chercheurs américains et français. Une vingtaine d'équipes au total devaient être sélectionnées rassemblant tous les projets scientifiques susceptibles de bénéficier de ces mesures précises de l'altitude de l'océan. Le principal projet scientifique qui rassemblait plusieurs équipes, était axé sur la restitution du champ de courants à partir de cette topographie dynamique observée par les altimètres. Mais cette relation entre la topographie de la surface des océans et les courants, appelée *relation géostrophique*, n'était pas applicable à proximité de l'équateur entre 2° N et 2° S. En effet, cette *relation géostrophique* prenait en compte la force engendrée par la rotation de la Terre sur elle-même, appelée *force de Coriolis*, déjà évoquée antérieurement, qui s'évanouissait à l'équateur en changeant de signe d'un hémisphère à l'autre créant ainsi une singularité dans le champ des courants. De ce fait les océanographes des régions tropicales n'étaient pas particulièrement intéressés par les observations altimétriques produites par TOPEX/POSEIDON car il était impossible de déduire de ces observations les courants équatoriaux. C'est ce qui faisait que les « tropicalistes » n'envisageaient pas de soumissionner à cet appel d'offre.

Je me tins à cette position jusqu'à ce que, environ une semaine avant la date limite de soumission des projets scientifiques, je fus soudainement saisi par une idée toute simple qui redonnait de l'intérêt aux régions tropicales au regard de l'observation de la topographie de leur surface. Certes dans les tropiques la circulation océanique ne peut être déduite facilement du champ de densité et de cette topographie, mais la structure des océans équatoriaux et tropicaux présente une caractéristique intéressante. Dans ces régions, l'océan peut être schématisé par un océan à deux couches, une couche d'eaux chaudes légères en surface surmontant des eaux froides plus denses sous-jacentes. Les deux couches sont séparées par une zone de transition thermique rapide appelée la *thermocline* que

l'on a déjà notée dans le Pacifique (Chapitre II). Cette structure en deux couches, déjà très favorables pour la modélisation (Voir aussi chapitre V), est également particulièrement intéressante pour tirer partie des observations de la topographie de la surface car cette topographie est le miroir inversé de la profondeur de la thermocline (Figs. 41 et 47). On pouvait donc avoir ainsi accès à la profondeur de la thermocline et à l'épaisseur de la couche superficielle, chaude et homogène surmontant les eaux froides sous-jacentes. En effet c'est l'épaisseur de la couche supérieure chaude, plus légère et plus dilatée, qui détermine au premier ordre son extension en hauteur, et donc définit la topographie de la surface. Les creux de la thermocline correspondent à des bosses de la topographie de la surface et *vice et versa*. Dès lors, en observant cette topographie de la surface, on peut accéder, par inversion, à la topographie de la profondeur de la thermocline qui joue un rôle crucial dans la dynamique équatoriale.

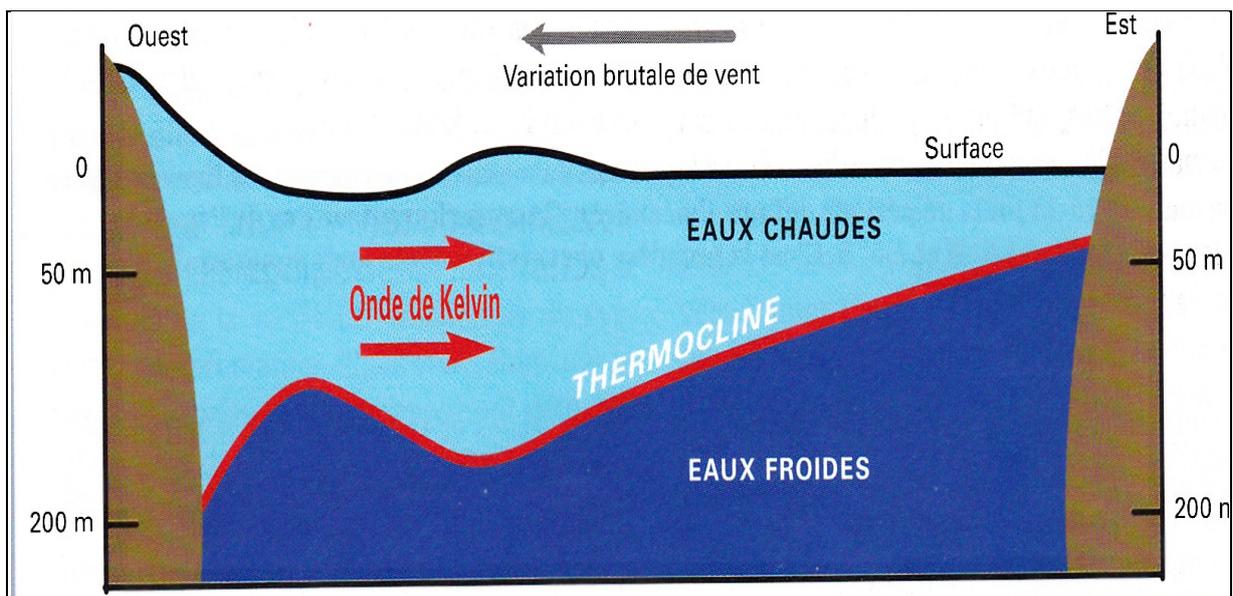


Figure 41 : Schéma d'un océan à deux couches montrant le profil inversé de la topographie de la surface et de la profondeur de la thermocline ainsi que la propagation d'une onde de Kelvin. Le dénivelé de la surface (exagéré) est de quelques centimètres et celui de la thermocline de quelques dizaines de mètres.



Figure 42 : La première réunion des *Principal Investigator's* américains et français de TOPEX et POSEIDON au JPL « *Joint Propulsion Laboratory* » de la NASA à PASADENA en Californie.

TOPEX/POSEIDON SCIENCE INVESTIGATIONS PLAN

**Study of Mass and Heat Transport of the Tropical Atlantic Ocean Using
Models and Altimeter Data**

Principal Investigator:

J. Merle
Laboratoire Océanographie Dynamique et Climatologie
Université Paris VI
Paris, France

Co-Investigators:

<p>S. Arnault, A. Morliere, and J. M. Verstraete Laboratoire Océanographie Dynamique et Climatologie Université Paris VI Paris, France</p>	<p>Y. Menard and L. Gourdeau Groupement de Recherche en Géodésie Spatiale Toulouse, France</p>
---	---

Figure 43 : Le projet TOPEX-POSEIDON de mon équipe

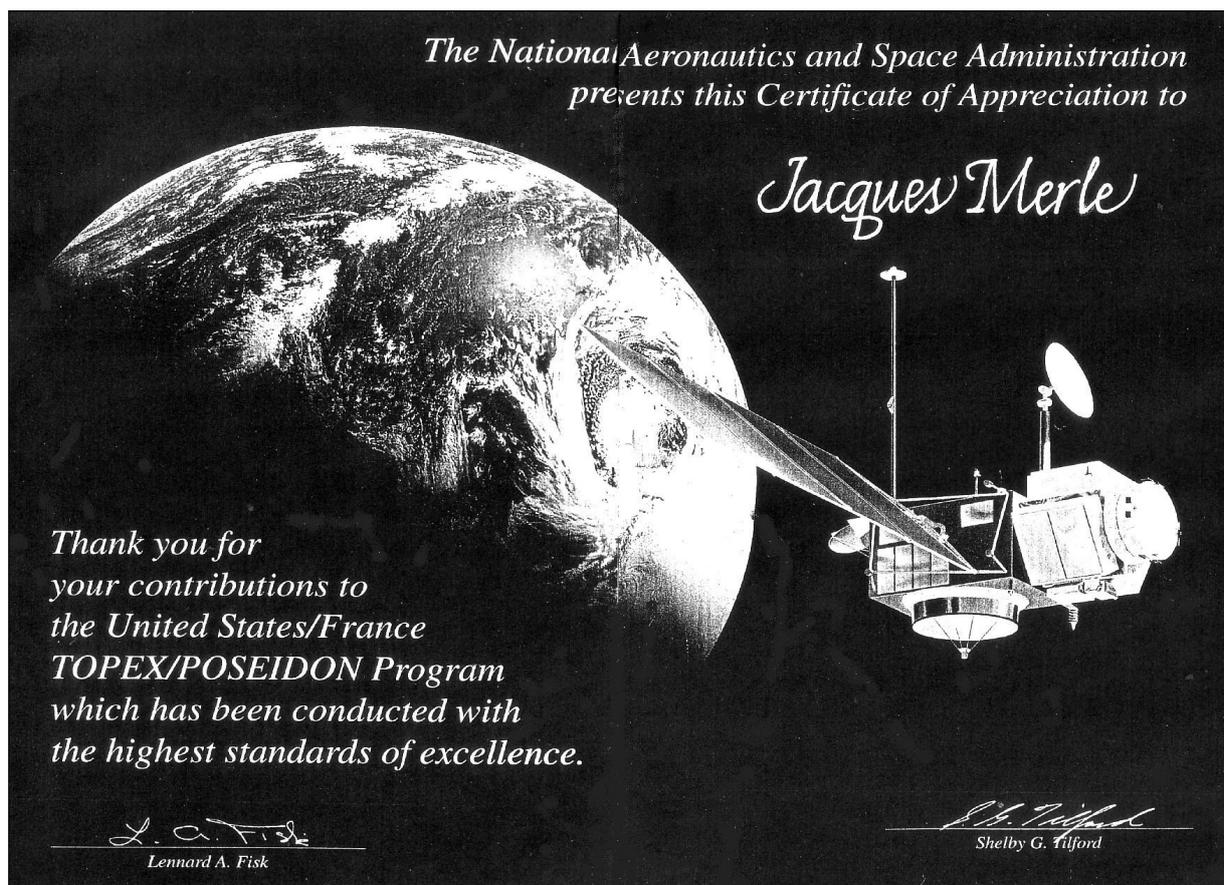


Figure 44 : Avec les félicitations de la NASA !

C'est cette perspective qui a motivé précipitamment la mise en chantier, trois jours avant la date de soumission des projets, d'une proposition de recherche rédigée dans ce sens. Avec cinq collègues, nous passâmes quatre jours et trois nuits blanches pour mettre au point cette proposition de recherche. Dans le jargon de notre milieu je me proposais comme *Principal Investigator* (PI) avec des collègues *Co-Investigators* (Co I's). Nous fumes sélectionnés et je devins le responsable du programme de recherche intitulé : *Study of Mass and heat transport of the Tropical Atlantic Ocean using Models and Altimeter Data*. J'intégrais le groupe des PI's qui devint le *comité scientifique directeur du projet TOPEX/POSEIDON* (Figs. 42, 43, 44 et 45). Étant appelé par la suite à des activités de gestion et d'administration de la recherche (Chapitre VII) *Sabine Arnault*, ma collaboratrice proche et ancienne étudiante, assura avec succès la réalisation de ce programme concrétisé par de nombreuses publications.

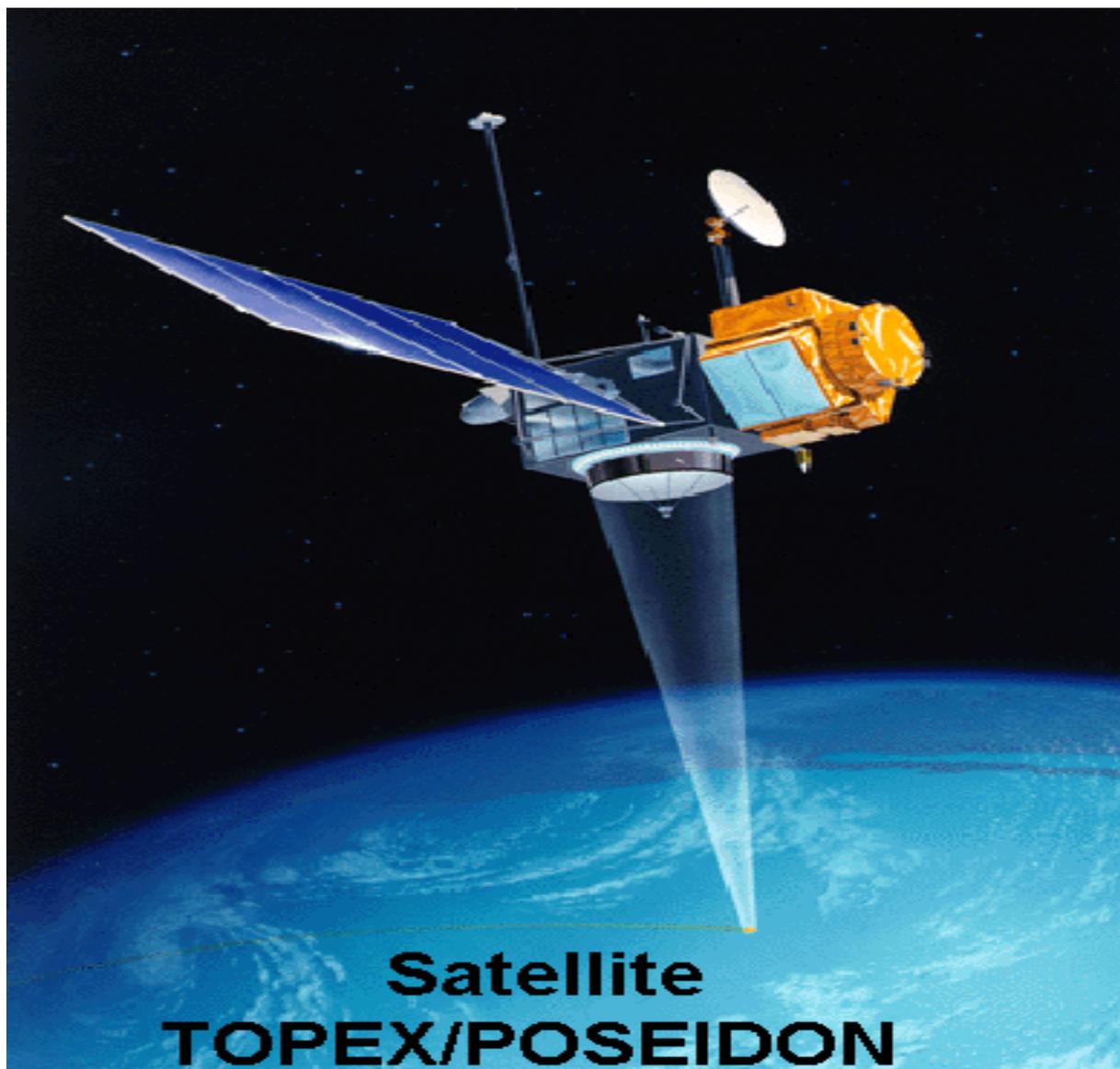


Figure 45 : Le satellite TOPEX/POSEIDON

**DOCUMENT 21 : Recommandation de Pierre Morel et du Directeur
Général du CNEXO pour ma nomination au CCCO**

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OcéANS
66, AVENUE D'IÉNA - 75116 PARIS - TÉL. 723 55-28 - 720 53-01
TÉLEX : OCEANEX - 810.775 F

PRÉSIDENT DIRECTEUR GÉNÉRAL

PARIS, LE

CNEXO/PDG-DEL/RI N° 81

26 JAN. 1981

000019

Avec une félicitation
M. Morel

Mademoiselle M.A. MARTIN SANE
Conseiller des Affaires Etrangères
Mission d'Orientation et de Coordination
Multilatérale, Organisations Internationales
21bis, rue Lapérouse
75016 PARIS

Mademoiselle,

J'ai pris connaissance des deux lettres que vous m'aviez adressées concernant la composition du comité SCOR/COI sur les changements climatiques et l'océan (CCCO).

Comme vous, je pense qu'il est regrettable qu'aucun français ne soit représenté au sein de ce comité et je vous sais gré de vous être employée à combler cette lacune.

Il n'existe pas au CNEXO un scientifique dont le profil correspond à celui décrit par le Professeur REVELLE. J'ai donc pris contact par l'intermédiaire de M. LEANDRI avec un certain nombre de personnalités appartenant à divers organismes et, en particulier, avec le Professeur MOREL auquel vous aviez bien voulu déjà exposer le problème.

Après échanges de vue, nous sommes arrivés à la conclusion qu'à défaut du Pr MOREL qui, pour plusieurs raisons, ne souhaite pas faire acte de candidature, la personne la plus qualifiée serait M. Jacques MERLE de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. C'est le choix du Pr MOREL qui le considère comme très capable de tenir sa place dans ce comité de très haut niveau arguant entre autres du fait qu'il est nécessaire de confier des responsabilités à des éléments jeunes pour permettre un renouvellement indispensable des sommités scientifiques reconnues.

Le Pr MOREL s'est d'ailleurs engagé à soutenir la candidature de M. MERLE si cela s'avérait nécessaire.

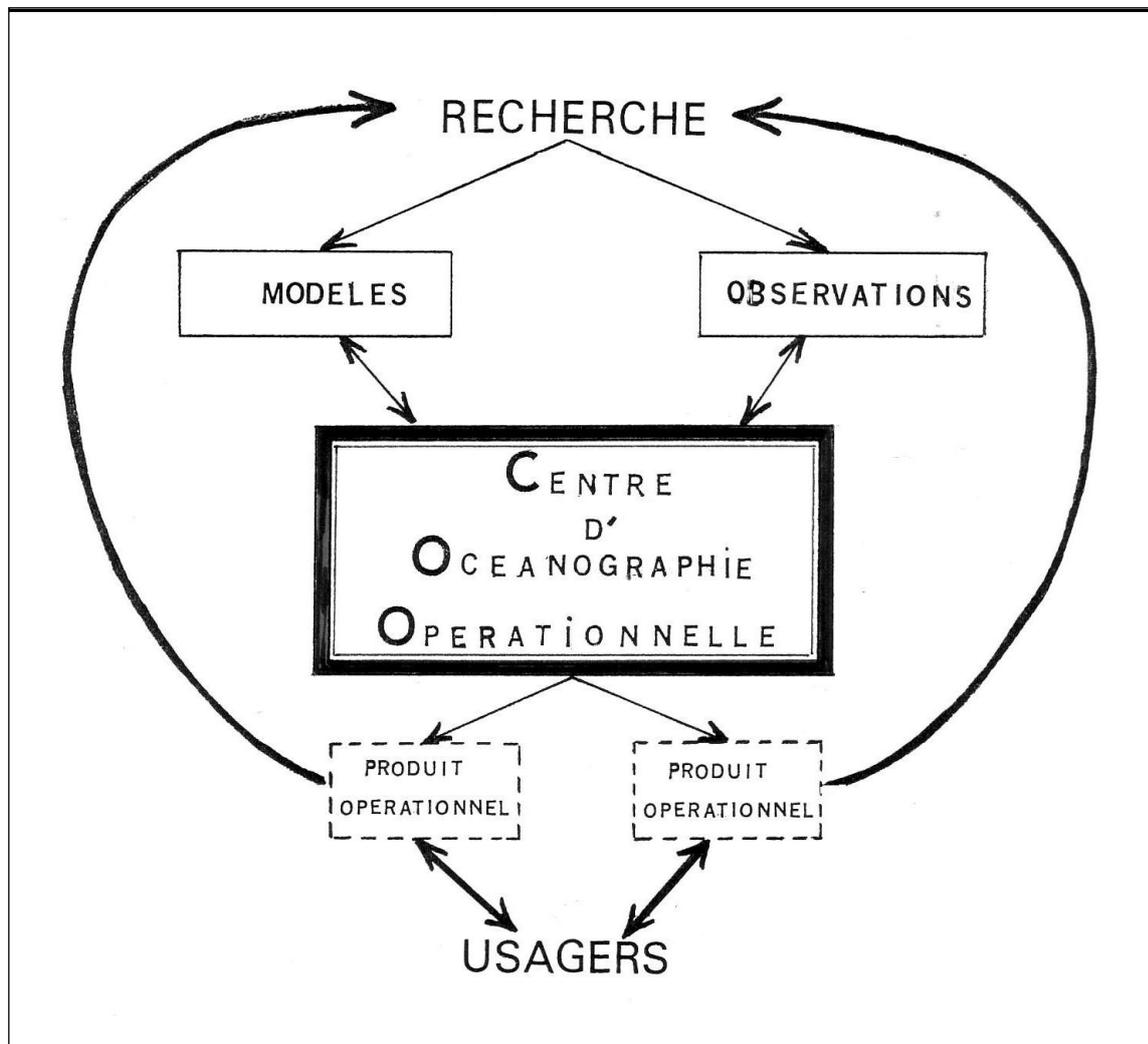
Monsieur le Directeur de l'ORSTOM a bien voulu dans ces conditions donner son accord.

Je joins à cette lettre un curriculum vitae de M. MERLE.

En vous réitérant mes remerciements pour les efforts que vous déployez et en vous assurant de mon concours en cas de besoin, je vous prie de croire, Mademoiselle, à l'assurance de mes sentiments distingués.

G. PIKETTY

**DOCUMENT 22 : Note (1986) à CNES, IFREMER, Météo-France,
ORSTOM pour la création d'un centre
d'océanographie opérationnelle.**



CHAPITRE VII

De la recherche à l'administration de la recherche

La décennie 1980 a été la période la plus active de ma carrière scientifique. Elle a débuté, après mon retour des *États-Unis*, avec la préparation et la mise en œuvre du programme FOCAL, intimement associé au programme américain SEQUAL ; les deux programmes (présentés chapitre V) ont recouvert la presque totalité de la décennie 1980 si l'on y inclut la préparation, la réalisation sur le terrain et l'interprétation des données recueillies. Sur le plan international cette décennie a vu aussi mon implication dans plusieurs instances de gestion de grands programmes pluri-nationaux à travers ma participation au CCCO et aux instances subsidiaires de pilotage des programmes scientifiques tels que WOCE et TOGA. Cette présence sur les plans nationaux et internationaux s'est accompagnée d'une implication de plus en plus prégnante dans l'animation et l'administration de la recherche dans mon organisme, l'ORSTOM. Je présenterai mes activités durant cette période sur trois plans : (i) Gestion et administration de la recherche dans le cadre de l'ORSTOM ; (ii) Participation, au plan national, à l'animation de la recherche sur le climat ; (iii) Implication dans les grands programmes internationaux.

L'ORSTOM, un organisme de recherche très particulier

Je ne m'attarderai pas sur les vicissitudes de l'organisation de la recherche pour le développement, domaine singulier dans lequel se débat depuis 50 ans mon organisme, l'ORSTOM, au gré des grands courants politiques qui ont agité cette époque marquée par la décolonisation et ses conséquences avec l'émergence de nouveaux États indépendants au Sud. J'en retracerai seulement les principales étapes qui ont eu une certaine incidence sur l'orientation de mes activités scientifiques. J'ai déjà évoqué (chapitre II) les débuts de cet organisme lorsque je commençais ma carrière en qualité d'élève chercheur au centre ORSTOM de *Nouméa*. L'histoire de cet organisme de recherche commence en 1943, date de la création d'un *office* destiné à « *orienter, coordonner et contrôler les recherches scientifiques aux colonies* », suivant les termes du ministre des colonies de l'époque. Ce nouvel organisme prit le nom d'*Office de la Recherche Scientifique Coloniale (ORSC)* et fut validé par la suite en 1944 par une ordonnance du gouvernement provisoire de la République Française. On trouvera une description détaillée de l'histoire de l'Office depuis sa création jusqu'aux années 1980 dans l'ouvrage d'un ancien secrétaire général devenu Directeur Général Adjoint, *Michel Gleizes* (1985) : « Un regard sur l'ORSTOM, 1943-1983 ».

Lorsque je suis entré à l'ORSTOM en 1965, affecté en *Nouvelle Calédonie*, l'office était dirigé d'une main de fer par un Directeur Général, le professeur *Guy Camus*, qui pour avoir été un temps l'un des conseillers scientifique du *Général de Gaulle* en avait hérité sa façon de décider et de commander. J'eus l'occasion de le rencontrer pour la première fois en 1972 lorsque je fus élu au Comité Technique *Océanographie et Hydrobiologie* et membre de son bureau permanent. Les réunions des comités techniques se tenaient au siège, *rue Bayard* dans le 8^{ème} arrondissement, où il était fréquent de croiser ce Directeur Général redouté. Les comités techniques, généralement présidés par une personnalité scientifique extérieure à l'office, étaient l'organe directeur gestionnaire des activités et des personnels relevant de la quinzaine de disciplines scientifiques présentes à l'office. Ces comités techniques étaient en fait en interne entre les mains d'un secrétaire permanent qui s'appuyait sur le

bureau permanent fréquemment réuni. Élu au bureau permanent j'ai été très tôt associé à l'administration et à la gestion de la recherche dans mon domaine : l'océanographie. C'est ce qui m'a valu de rencontrer le Directeur Général à l'occasion de ces réunions. Je n'ai pas gardé un mauvais souvenir des brefs échanges que j'ai pu avoir avec lui dans ces circonstances bien qu'il ait rendu parfois l'atmosphère de certaines des réunions qu'il présidait plutôt tendue.

Après 1981 et l'arrivée de la gauche au pouvoir, une nouvelle équipe de direction pris les rênes de l'office mettant fin à près de vingt ans de gouvernance autoritaire sous la férule du professeur *Guy Camus*. Le nouveau Directeur Général nommé par le gouvernement était un ancien pédologue de la maison, *Alain Ruellan*. Il avait comme président du Conseil d'Administration le conseiller maître à la cour des comptes *Pierre Lavau*. L'atmosphère de l'office changea du tout au tout. A partir de 1982, *Alain Ruellan*, en s'appuyant sur une équipe de direction musclée incluant des responsables syndicaux, restructura l'organisme pour le mettre en phase avec l'évolution récente des relations entre la métropole et ses anciennes colonies, devenues progressivement des États indépendants. Ces relations, jusqu'ici pilotées autoritairement depuis Paris se sont muées en coopérations bilatérales ou multilatérales impliquant les structures universitaires naissantes de ces nouveaux États. Dans le cadre de cette « réforme *Ruellan* », de nouvelles structures furent mises en place ; la principale fut la création des UR (*Unités de Recherche*) par thèmes scientifiques pour gérer les activités de recherche du domaine en partenariat avec les autorités des États indépendants où elles se déployaient. Les territoires de « l'outre mer » cependant restaient encore sous l'autorité de l'État Français. Les comités techniques ne furent pas abandonnés pour autant mais seulement orientés plus spécifiquement vers l'évaluation des programmes et des personnels incluant la gestion des carrières.

Directeur d'une « Unité de Recherche »

C'est dans ce contexte que je fus nommé en 1983 directeur de l'UR : *Interactions océan-atmosphère* qui rassemblait une trentaine d'océanographes, chercheurs, ingénieurs et techniciens, engagés sur plusieurs fronts, en *Nouvelle Calédonie* et en *Polynésie Française*, en *Afrique* à *Dakar*, *Abidjan* et *Pointe Noire* et à *Brest* où s'était implantée une antenne ORSTOM au COB dépendant

du CNEXO. C'est dans le cadre de cette UR que le programme FOCAL, présenté précédemment (chapitre V), fut géré dans sa phase d'exécution. Il se déroulait dans l'Atlantique intertropical et mobilisait plusieurs équipes ORSTOM principalement à partir d'*Abidjan* où une base (La base Capricorne – voir chapitre V, page 106) avait été implantée au sein du CRO (*Centre de Recherche Océanographique*) ivoirien. Comme indiqué précédemment, j'étais très impliqué dans ce programme que j'avais contribué à mettre sur pied. Il avait une dimension nationale et internationale car il rassemblait plusieurs organismes français et était associé à un programme américain SEQUAL. Il s'inscrivait dans les grands programmes à finalité climatique du PNEDC en *France*, et du WCRP/PRMC à l'international.

J'ai assuré l'animation de cette UR et de ce programme FOCAL en occupant un bureau au MNHN (*Muséum National d'Histoire Naturelle*) jusqu'en 1985 où des difficultés avec sa direction, relatées plus haut (chapitre VI), m'amènèrent à chercher une nouvelle implantation. Ce fut le campus de *Jussieu* au sein de l'Université *Pierre et Marie Curie* (Paris VI) qui m'accueillit, ce qui, à terme, aboutit à la création du LODYC, la première Unité Mixte de Recherche (UMR) à laquelle était convié l'ORSTOM avec comme partenaires le CNRS et l'Université Paris VI. Ce fut le début d'un mouvement général d'association des « UR ORSTOM » à des équipes universitaires ou à d'autres organismes de recherche : le CNRS, l'INRA, le CNEXO ... etc. pour devenir des UMR. Cette procédure d'association en UMR, désignée quelquefois par l'expression un peu barbare d'« UMRisation », devint systématique plus tard à partir de 1997 sous la présidence de *Philippe Lazar*. Néanmoins après la création de cette UMR LODYC qui intégrait de nombreux éléments ORSTOM, il restait des équipes ORSTOM appartenant encore à l'UR ORSTOM : *Interaction océan-atmosphère* dont je repris la direction de 1990 à 1993 avant d'être appelé à d'autres fonctions. Cette division de mes activités entre une UR ORSTOM et l'UMR LODYC, avec les responsabilités qui m'incombaient, n'était pas simple à gérer. Elle reflétait un aspect de la complexité des structures administratives de la recherche française.

J'interviens dans le statut de l'ORSTOM

La « réforme *Ruellan* » se poursuit jusqu'en 1986 où la première cohabitation au sommet de l'État amena un gouvernement de droite et à terme une nouvelle équipe de direction pour l'ORSTOM qui sera présentée plus loin. Mais revenons à cette « réforme *Ruellan* ». Au-delà des remaniements internes décrits ci-dessus, cette réforme était aussi marquée par un changement de statut très important pour les personnels de l'office. En Juillet 1982 le gouvernement avait mis en place un nouveau schéma statutaire destiné à encadrer les organismes de recherche et leurs personnels, appelés EPST (*Établissements Publics Scientifiques et Techniques*). Pour le personnel cela correspondait à un statut de fonctionnaire. Mais l'ORSTOM du fait de la multiplicité de ses tutelles tardait à intégrer ce statut ; certaines signatures ministérielles faisaient défaut, notamment celle du ministre délégué auprès du ministre des relations extérieures chargé de la coopération et du développement, *Christian N....* qui ne souhaitait pas voir l'office pencher trop visiblement du côté de la recherche au détriment de la coopération et du développement. Il se trouve que, tout à fait par hasard, je suis intervenu dans cet épisode et j'ai peut-être favorisé la signature du décret de juin 1984 qui a fait de l'ORSTOM un EPST et son personnel des fonctionnaires à part entière.

Les faits se sont déroulés à *Dakar* où le ministre était en visite alors que le personnel ORSTOM du centre avait décidé de se mettre en grève et de manifester pour faire pression sur lui afin qu'il accepte de signer le décret redéfinissant les statuts de l'ORSTOM qui devaient en faire un EPST. Ce jour là j'étais également en mission à *Dakar* pour des questions à traiter avec des membres de l'unité de recherche que je dirigeais. Les personnels, très énervés par la situation créée par la visite du ministre, me demandèrent d'intervenir auprès de lui pour appuyer leurs revendications. J'obtins un rendez-vous et j'engageais avec le ministre un débat sur la recherche et la place de l'ORSTOM dans la recherche française. Il ne voulait voir dans les activités de l'ORSTOM que celles qui pouvaient aller dans le sens du développement sans se soucier vraiment de la recherche elle-même qui, selon lui, n'avait pas à être au standard de la recherche nationale. Je tentais de le convaincre que l'ORSTOM était avant tout un organisme de recherche même si cette recherche s'appliquait au développement et j'eus l'inspiration d'une formule choc : « *Nous ne devons pas offrir seulement une sous-recherche pour le sous-développement !* ». J'ajoutais

que les pays en développement avaient d'autant plus droit à une recherche de qualité que les problèmes auxquels ils étaient confrontés étaient cruciaux, parfois dramatiques par manque de connaissances de base, notamment celles concernant leurs ressources naturelles. L'ORSTOM devait donc être un organisme de recherche de plein droit comme les autres EPST. Je ne suis pas sûr de l'avoir totalement convaincu sur le champ mais quelques jours plus tard, rentré à Paris, il signa le décret et celui-ci fut publié au journal officiel du 5 juin 1984 faisant de l'ORSTOM un EPST. L'office rejoignait ainsi sept autres instituts de recherches nationaux tout en étant, en passant, affublé d'une nouvelle appellation en devenant : l'*Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération*, en gardant le sigle ORSTOM. Le ministre s'était peut-être souvenu aussi de notre première rencontre, quelques mois auparavant, lorsqu'il m'avait demandé de l'accompagner pour une conférence de presse qu'il tenait à Paris, sur « La sécheresse au Sahel » et pour laquelle je lui avais fourni un document de synthèse attestant que l'ORSTOM était bien à la pointe de la recherche dans ce domaine (Document 23).

L'histoire de l'ORSTOM continue ...

Un nouveau gouvernement impliquait une nouvelles équipe directoriale et presque toujours une restructuration de l'office. En 1986, avec la première cohabitation entre un président de la république de gauche et un premier ministre de droite, les dirigeants de l'ORSTOM furent remplacés par une nouvelle équipe avec comme Président du Conseil d'Administration, *François Doumenge*, professeur au Muséum, très présent dans les sphères politiques de la droite. Au contraire le nouveau Directeur Général, *Philippe Tennesson*, administrateur de la marine, était presque totalement inconnu à la fois dans le monde scientifique et dans celui de la politique. De ce fait le Président *Doumenge* accapara la presque totalité des pouvoirs reléguant le Directeur Général à un rôle administratif plus proche de celui d'un Secrétaire Général. Le Président, alternance politique oblige, ne poursuivit pas la réforme de ses prédécesseurs, la « Réforme *Ruellan* », qui privilégiait le dialogue et le co-développement avec les pays du Sud principalement en Afrique. *François Doumenge* privilégia au contraire les actions en faveur des TOM-DOM. Il se plaisait à affirmer dans les cocktails que le soleil ne se couchait pas sur l'empire

scientifique qu'il dirigeait, avec des chercheurs répartis sur l'ensemble de la ceinture tropicale incluant les trois océans, pacifique, indien et atlantique !

La façon de gouverner du Président *Doumenge* ne fut pas appréciée de tous, loin de là, notamment de ceux qui s'étaient profondément impliqués dans la réforme menée par l'équipe directoriale précédente autour d'*Alain Ruellan*. Je ne m'aventurerai pas ici à porter un jugement sur les mérites ou les insuffisances de ces directions successives nommées au gré des courants politiques dominants qui les portaient. Je peux seulement dire qu'elles étaient presque totalement transparentes et inopérantes vis-à-vis des activités de recherche et d'animation, ou de direction de la recherche que je menais. À ce propos, en dépit des implications nationales et internationales de mes activités, je n'ai jamais rencontré, ni vu, le Directeur Général des années 1986-1989 : *Philippe Tennesson*. Par contre le Président *Doumenge* est la seule personne membre d'une équipe directoriale qui m'ait demandé de lui fournir une copie de mes principales publications scientifiques. Il avait entendu parler d'*El Niño* dans le Pacifique équatorial et voulait s'en faire une idée et par la même occasion apprécier la portée de mes travaux dans le domaine de l'océanographie tropicale. Je lui communiquai donc mon dossier de publications et je sus, à la pertinence des questions qu'il me posa quelques semaines plus tard, qu'il avait effectivement lu mes travaux avec attention ; ceci n'impliquait pas pour autant de sa part des directives, des critiques ou des inflexions à donner aux recherches que je menais mais traduisait seulement l'intérêt scientifique personnel qu'il portait à ces questions. Il était peut-être un Président dont les options politiques et scientifiques étaient contestables ou manquaient de clarté, mais il était avant tout un scientifique attentif et curieux ; c'est ce que j'ai voulu retenir de lui.

Les tandems Président du Conseil d'Administration et Directeur Général se succédèrent ensuite, à partir des années 1990, à un rythme moyen de 3 à 5 ans, chacun engageant des réformes. Il y eut, de 1989 à 1995, le tandem *Levallois – Winter* ; puis, de 1995 à 1997, *Fournier – Némó* ; de 1997 à 2002, *Lazar – Muller* ; puis, de 2001 à 2006, *Girard – Calabre* ; de 2006 à 2009 *Girard – Laurent* ; et depuis 2009 *Laurent*. Notons que c'est sous la direction *Lazar – Muller*, que le sigle ORSTOM, encore en usage jusqu'en 1999, devint celui d'IRD. Je n'entrerai pas ici dans le détail de mes relations avec ces directions successives que j'ai traversées en occupant successivement des fonctions de Directeur d'Unités de Recherches (appelées quelquefois DUR avec un soupçon de dérision !), de Délégué pour le Pacifique (DEPAC) et, sous *Lazar – Muller* encore, de directeur du Département Milieux et Environnement

(DME). Je développerai plus abondamment ces fonctions dans les prochains chapitres. Comme déjà indiqué, les activités de direction et de gestion de la recherche que j'ai menées au sein de l'ORSTOM/IRD étaient étroitement inscrites dans le contexte national et même international. C'est donc à travers la présentation de mes activités dans ces deux dimensions, que j'en rends compte plus en détail dans ce qui suit.

Implication dans la programmation nationale

J'ai déjà présenté certains des programmes internationaux auxquels la *France* a participé tels que WOCE, TOGA et TOPEX/POSEIDON mais sans expliciter leur contenu scientifique pour la composante française, leur construction et leur mise en place dans laquelle je suis intervenu comme animateur. A ce titre j'ai été membre de nombreux comités nationaux de coordination et de gestion dont je peux citer les principaux : Comité scientifique du PNEDC ; commission marine du conseil supérieur de la météorologie ; comité scientifique consultatif de METEO-FRANCE ; comité scientifique océanographie physique, chimique et biologique de l'IFREMER ; commission flotte de l'IFREMER ; comité scientifique du GREOS (*Groupement de Recherche et d'Études en Océanographie Spatiale*). Je fus également membre de Conseils d'Administration et d'instances scientifiques diverses : unités de recherche, conseils d'universités ...etc.

Dans le cadre de WOCE (Voir chapitre VI) la *France* avait fait le choix de prendre en charge des radiales d'observation dans l'Atlantique, car cet océan, très allongé dans le sens méridien, est affecté sur toute son étendue par un transport de chaleur important du sud vers le nord en relation avec le climat de l'Europe, comme cela a déjà été mentionné chapitre IV. Il résulte de cette caractéristique atlantique qu'un flux de chaleur méridien important, de l'ordre de un à deux Péta Watts (10^{15} Watts), traverse l'équateur du Sud au Nord entre le *Brésil* et le *Golfe de Guinée* (Chapitre VI, page 131). Il paraissait important de connaître les caractéristiques de ce transfert de chaleur et d'en comprendre les mécanismes physiques générateurs car il contrôle en partie la quantité de chaleur reçue par l'*Europe* de l'ouest et son climat en dépend. L'étude des processus physiques responsables de ces flux océaniques pouvait bénéficier de travaux

antérieurs sur la région, notamment ceux réalisés dans le cadre du programme FOCAL, présenté précédemment, sur la réponse mécanique de l'océan au forçage du vent.

En ma qualité de membre du comité scientifique français WOCE, j'ai contribué à rassembler les équipes françaises, incluant évidemment celles de l'ORSTOM, susceptibles d'être impliquées dans des recherches sur l'Atlantique tropical. J'ai organisé plusieurs réunions sur le thème de la mesure du transport de chaleur méridien dans l'Atlantique tropical. Cette concertation a permis de mettre sur pied une contribution ORSTOM, et donc française, à WOCE appelée WATT (*WOCE Atlantique Transport Tropical*). Ce projet WATT, accepté au plan national français par le PNEDC, était destiné à répondre aux questions scientifiques qui se posaient dans le prolongement de celles étudiées par le programme FOCAL et son programme associé américain SEQUAL, à savoir :

- (i) Comment les circulations cycloniques et anticycloniques subtropicales nord et sud se connectent-elles à l'équateur ?
- (ii) Quels sont les chemins et les intensités des transports de masse et de chaleur à travers l'équateur ?
- (iii) Dans ces échanges inter-hémisphériques, quelle est la contribution des couches supérieures de l'océan soumises à l'atmosphère, et la contribution des couches plus profondes ?

Ce programme WATT était partie intégrante de l'UR *Interactions océan-atmosphère* que j'animais à l'ORSTOM. Au plan national WATT s'intégrait dans le programme WOCE-FRANCE et il impliquait plusieurs campagnes hydrologiques : Outre NOE qui, de 1989 à 1991, réalisait des observations profondes en point fixe (mouillage) au large de la *Guyane Française* (sous la responsabilité de *Christian Colin* de l'ORSTOM), Les équipes ORSTOM mesuraient les flux de masse et de chaleur sur le bord nord-ouest de l'Atlantique tropical en coopération avec l'IFREMER dans le cadre de campagnes appelées ETAMBOT. Il existait encore dans l'Atlantique d'autres campagnes françaises WOCE qui n'étaient cependant pas sous la conduite de l'ORSTOM mais plutôt sous celle de l'IFREMER avec des éléments ORSTOM comme ce fut le cas pour la section CITHER 1 le long de la latitude 7° 30' Nord. L'ensemble des parcours de ces campagnes atlantiques dans le cadre de WATT et de WOCE : ETAMBOT, CITHER, SAMBA, ROMANCHE, CONFLUENCE, est présenté figure 46.

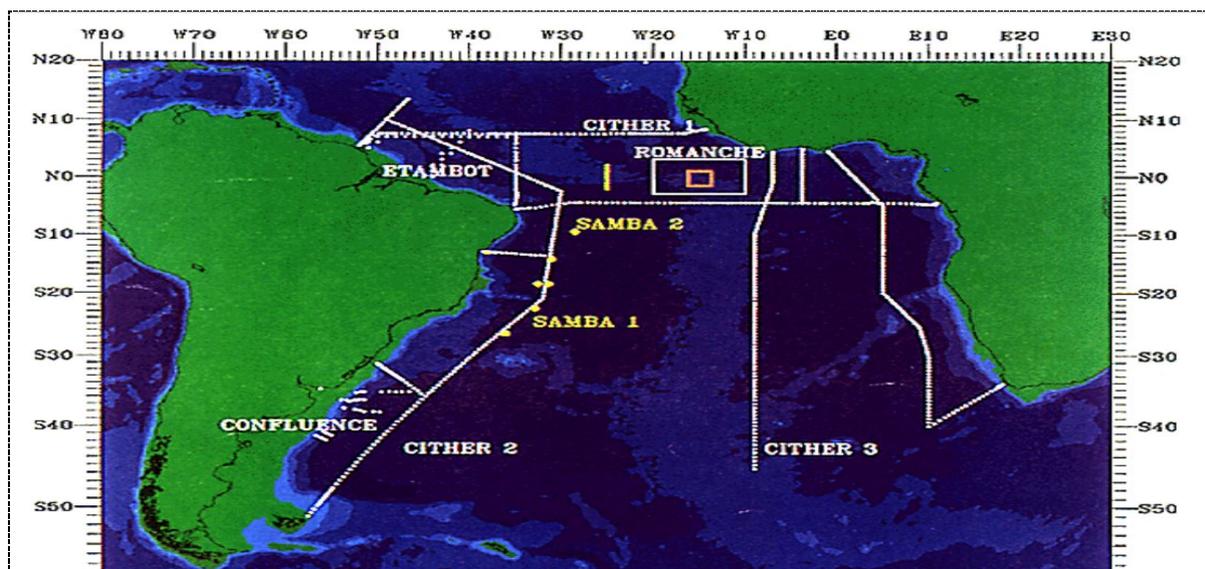


Figure 46 : Plan des campagnes Françaises dans l'Atlantique pour le programme international WOCE.

Dans le cadre de TOGA, la *France* restait aussi très active notamment dans le *Pacifique*, où en coopération avec les *États-Unis* et grâce à la participation sur place de l'équipe ORSTOM de *Nouméa* notre pays contribuait aux réseaux d'observations américains TAO dans la bande équatoriale pacifique (Chapitre VI : Figures 38 et 39).

Par ailleurs une importante activité de modélisation était aussi déployée en *France* notamment au LODYC sous la direction de *Pascale Delecluse*. Les modèles tridimensionnels de l'époque, qui faisaient suite aux premiers modèles linéaires à deux couches, étaient maintenant capables de simuler de façon réaliste les océans tropicaux. La structure en deux couches de ces océans (Chapitre VI) et la prépondérance du forçage de surface sur la stabilité interne du champ de vitesse privilégiait le vent pour contraindre l'évolution dynamique de l'océan. Ces activités de modélisation s'inscrivaient aussi dans le cadre du programme TOGA.

Naissance de l'océanographie opérationnelle

Ainsi parallèlement à la mise en place des réseaux d'observation de l'atmosphère et de l'océan dans le *Pacifique*, et avant que de futurs modèles

couplés encore plus réalistes permettent une prévision climatique, on a commencé dès cette époque à utiliser opérationnellement les modèles océaniques dont on disposait dans le but d'obtenir une image la plus précise possible et en temps réel de l'évolution des océans tropicaux. La première expérience tentée dans ce sens a été menée par le groupe ORSTOM du LODYC. On a déjà évoqué (Chapitre VI) ces premiers pas de l'océanographie opérationnelle, mais on peut y revenir plus en détail car ces activités étaient officiellement inscrites dans la contribution de la *France* à TOGA.

L'utilisation opérationnelle d'un modèle réaliste a été menée sur l'océan tropical atlantique dès 1985 avec un modèle linéaire à deux couches très simple, réalisé par *Sabine Arnault*, pour suivre l'évolution en temps réel de la thermocline. J'ai initié cette opération qui fut poursuivie par une équipe restreinte du LODYC sous la direction d'*Alain Morlière* et plus tard confiée à Météo-France pour une exploitation en routine. Ces produits étaient publiés et diffusés chaque mois dans un fascicule distribué à quelques centaines d'exemplaires appelé le BOAT pour *Bulletin Océan Atmosphère Tropical* (Documents 24 et 25) sous la responsabilité de *Jacques Servain*. Ces produits étaient repris et intégrés dans le rapport trimestriel du SMISO (*Système Mondial Intégré de Stations Océaniques*) dépendant de l'OMM. Cette utilisation d'un modèle réaliste de l'océan Atlantique tropical se plaçait dans la perspective du développement d'une « océanographie opérationnelle », semblable à la météorologie opérationnelle que l'on connaît pour l'atmosphère, soutenant et prolongeant la recherche tout en mettant ses résultats à la disposition d'utilisateurs potentiels extérieurs à la recherche (Document 26).

L'océanographie opérationnelle avait besoin d'observations, si possible permanentes et continues dans l'espace et le temps. Le concept d'observatoire prit ainsi de plus en plus d'importance au plan international pour devenir, dans le domaine de l'océan, le GOOS (*Global Ocean Observing System*) sous l'égide de la COI à *Paris*, et pour le climat, le GCOS (*Global Climate Observing System*). C'est dans cette instance, installée à l'OMM à *Genève*, que j'ai travaillé pendant une année (Chapitre IX). Plus tard à partir de 1996, le GIP MERCATOR-OCEAN, déjà mentionné (chapitre VI), sera le premier projet pluri-organismes français, impliquant l'ORSTOM, dédié à l'exploitation opérationnelle d'un modèle océanique en mode prédictif. On en reparlera.

Le projet de programme spatial couplé franco-américain TOPEX/POSEIDON répondait à ce besoin d'observations et drainait beaucoup d'attention de la part des océanographes français d'autant que ses observations

croisaient et complétaient les observations de WOCE et de TOGA. Comme on l'a vu précédemment l'observation directe *in situ* de la circulation superficielle et profonde à l'aide des campagnes hydrologiques WOCE pouvait être utilement couplée avec l'observation spatiale globale de l'altitude de l'océan, obtenue à l'aide d'un radar (altimètre) embarqué sur un satellite. Ce dispositif d'observations couplées à la fois *in situ* et depuis l'espace avait pour objectif de déterminer le champ de vitesse absolue de la circulation océanique. Ces observations spatiales permettaient d'obtenir des images successives, à grande échelle, de la circulation instantanée de l'océan et ainsi d'accéder à des paramètres géophysiques intégrés tels que le transport océanique méridien de masse et de chaleur proposé dans le cadre de WOCE et intégré dans le programme WATT de L'UR ORSTOM : *Interaction océan atmosphère* que j'animais. L'association d'un modèle intégrateur à ces observations permettait de chiffrer le transport de chaleur intégrée à l'échelle d'un océan : L'océan atlantique tropical, le plus favorable pour une telle évaluation.

C'est dans cette perspective, comme indiqué au chapitre précédent, que nous avons écrit à la hâte, avec cinq autres collaborateurs, une proposition de recherche en réponse à l'appel d'offre de ce projet spatial altimétrique franco-américain. Pour préparer notre projet de recherche, avec *Sabine Arnault* nous avons testé la validité des mesures altimétriques en traitant les données d'un satellite américain antérieur, GEOSAT, équipé aussi d'un altimètre. Ce satellite avait été lancé en mars 1985 et placé en orbite répétitive à partir de novembre 1986. Par ailleurs, dans le but d'obtenir une approximation du signal altimétrique observé, une opération spécifique de validation du signal altimétrique fut menée, en 1988, tirant avantage du trajet d'un navire marchand coïncidant avec une orbite du satellite qui traversait l'Atlantique de *Gibraltar* aux côtes du *Brésil*. A bord du navire l'équipe (sous la direction de *Sabine Arnault*) a réalisé des observations *in situ* de la hauteur dynamique de la surface de l'océan en coïncidence avec celles du satellite. Les résultats obtenus ont été concluants ; ils ont montré qu'il était possible, avec un altimètre embarqué, de suivre l'évolution de la topographie dynamique de la surface des océans tropicaux avec une précision et une résolution suffisante pour en déduire les transports de masse et de chaleur. Le satellite TOPEX-POSEIDON fut lancé en août 1992. Nous avons été les témoins, invités par le CNES, de la retransmission en direct de son lancement.

Une certaine présence au niveau national

Mon engagement dans la politique scientifique nationale autour des grands programmes dédiés à l'étude de l'environnement terrestre et du changement climatique, m'ont conduit à occuper des fonctions de gestion, d'administration ou d'animation à l'échelon national. Celles-ci ont entraîné une plus grande insertion de l'ORSTOM, dans la recherche nationale. Outre les différents comités scientifiques auxquels j'appartenais, mentionnés précédemment, j'ai exercé des activités en relation avec certains organismes de recherche notamment le CNRS, mais aussi avec le ministère de la recherche et celui des affaires étrangères. Je citerai seulement brièvement les plus marquants de ces engagements.

En 1982 j'ai accepté d'être chargé de mission à temps partiel du PIROCEAN (*Programme Interdisciplinaire de Recherches Océanographiques*) sous la direction d'un géochimiste, *Roger Chesselet*, et avec le concours de *Jean Pierre Alix* son secrétaire général. Le PIROCEAN était une structure mise en place par le directeur du CNRS de l'époque, *Pierre Papon*, pour restructurer et mieux coordonner les activités de recherche océanographiques entre ses différentes sous-disciplines relevant de la biologie, la physique, et la géophysique, en rapport avec les universités auxquelles elles étaient rattachées. Particulièrement critique était la situation des stations marines réparties le long des côtes de l'hexagone, qui dépendaient de plusieurs universités et dont les activités un peu figées et parfois redondantes nécessitaient une restructuration pour les rendre plus efficaces et plus visibles. Au sein du PIROCEAN j'étais chargé du secteur océanographie physique et à ce titre j'ai participé, en 1983, à l'élaboration du schéma directeur du CNRS pour l'océanographie physique. Le PIROCEAN a eu une existence éphémère et a été fondu en 1985 dans ce qui est devenu l'INSU, (*Institut National des Sciences de l'Univers*).

En 1988, toujours en relation avec le CNRS, j'ai été invité, à titre d'expert, à la réunion de la section 19 du *Comité Scientifique National* du CNRS. Ma participation à une telle réunion n'aurait eu qu'un intérêt limité si je n'avais pas été chargé du dossier d'avancement au grade de directeur de recherche de première classe d'un océanographe particulièrement en vue à cette époque, *Christian Le Provost*, qui devint directeur du LEGOS à *Toulouse* et qui était en compétition avec une autre brillante personnalité scientifique des sciences de la Terre : *Gérard Mégie*, le leader de l'aéronomie en *France* qui

deviendra plus tard président du CNRS. Il n'y avait qu'un seul poste pour ces deux brillants scientifiques. Ma responsabilité était lourde vis-à-vis des océanographes physiciens encore mal armés pour lutter avec les autres disciplines de l'environnement terrestre. Le débat fut chaud mais *Christian Le Provost* fut choisi par la commission et intégra la première classe des Directeurs de Recherche du CNRS. *Gérard Mégie* opta ensuite pour l'université et fut nommé professeur peu de temps après.

En 1990 j'ai réalisé, pour le ministère de la recherche, un travail d'éditeur pour un colloque appelé « Planète Terre », organisé par *Claude Allègre* avant qu'il ne devienne ministre. Le colloque se tenait dans l'enceinte du campus universitaire de *Jussieu*. L'objectif était de synthétiser, pour en faire un ouvrage, les transcriptions écrites - réalisées par une officine privée spécialisée - des enregistrements audio des ateliers de travail ; ceux-ci rassemblaient les débats de plus de 400 scientifiques de disciplines diverses des sciences de l'environnement qui avaient participé à ce colloque. La tâche était ardue car outre le fait que ces ateliers s'étaient déroulés en anglais, les débats avaient été très désordonnés. Le ministre de la recherche de l'époque, *Hubert Curien*, était embarrassé par la demande pressante de l'organisateur du colloque de trouver rapidement le personnel et les moyens nécessaires pour réaliser ce travail. *Philippe Waldteufel*, alors Directeur de Cabinet d'*Hubert Curien*, me demanda de me charger de cette corvée avec une secrétaire. Imprudemment, j'ai accepté sa proposition. J'espérais me faire une idée actualisée de l'ensemble des sciences de l'environnement terrestre et j'y voyais aussi une œuvre de création valorisante intellectuellement. Ce ne fut pas facile ! Je travaillais un jour et demi par semaine au cabinet du ministre rue *Descartes*. J'étais assez isolé mais j'eus la satisfaction de voir et entendre *Hubert Curien* assez souvent ; chaque matin, en rejoignant son bureau, il ne manquait jamais de saluer ses chargés de mission au travail avec un mot aimable d'encouragement pour chacun.

J'étais également fréquemment mobilisé par le *ministère des affaires étrangères* encore appelé, au grès des remaniements ministériels, *ministère des relations extérieures*, pour de nombreuses réunions internationales à caractère scientifique où la *France* devait être représentée. C'est ainsi que j'ai participé à plusieurs assemblées générales annuelles de la COI à Paris. J'ai aussi effectué des missions pour le compte de ce ministère dans différents pays ; en *URSS* à *Leningrad* en 1974 pour le programme GATE ; à l'OMM à *Genève* de nombreuses fois dans le cadre des programmes GARP et PEMG ; à *Lima* au *Pérou* en 1978 pour une réunion à laquelle participait *Klaus Wyrтки* et qui

marqua le début de l'intérêt des tropicalistes pour le phénomène El Niño ; à *Tokyo au Japon* en 1982 pour la conférence des programmes océanographiques à grande échelle déjà évoquée ; les nombreuses réunions du CCCO à *Split* en *Yougoslavie*, à *Tokyo au Japon*, à *Abington* en *Angleterre*, à *Lisbonne* au *Portugal*, à *Washington* ...etc. Je présenterai plus en détail (Chapitre IX) mes rapports avec ce ministère lorsque, en poste à *Nouméa* entre 1994 et 1997 en qualité de *Délégué ORSTOM pour le Pacifique Sud*, j'ai été chargé des relations scientifiques entre les territoires français (*Nouvelle Calédonie, Polynésie Française*) du *Pacifique*, ainsi que les petits États insulaires, et leurs grands voisins : *Australie* et *Nouvelle Zélande*.

Une certaine visibilité au niveau international

J'ai déjà mentionné mes activités et mon appartenance au CCCO, sensé rassembler des experts des différents domaines de l'océanographie impliqués dans le climat. Cette distinction qui m'était ainsi faite, probablement plus pour respecter un équilibre de nationalités dans ce comité que pour ma réputation scientifique, a incontestablement attiré l'attention sur mes travaux et sur la place de la *France* et de l'ORSTOM, dans le concert international des programmes dédiés à l'étude du climat. Au-delà des comités et groupes de travail du CCCO lui-même auxquels j'appartenais : notamment le *Tropical Atlantic climate Studies Pannel* que je co-présidais avec *George Philander*, ainsi que le *WOCE Core one Pannel* dont j'ai rendu compte précédemment, j'ai été invité à organiser des colloques, des symposiums ou des conférences ainsi qu'à réaliser des expertises et à participer à différentes instances de gestions de programmes étrangers ou internationaux. Je ne citerai ici encore que les plus représentatives de ces activités qui m'ont fait reconnaître par la communauté scientifique internationale dans ma spécialité d'océanographe physicien plus particulièrement attaché aux régions tropicales.

J'ai perçu les premiers signes d'une ébauche de notoriété en juillet 1980 lorsque, après mon séjour aux *États-Unis*, j'ai été invité à présenter un séminaire au NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) à *Boulder* au *Colorado*. Le NCAR, dépendant de la NOAA avec ses quelques 300 scientifiques, est dédié à l'étude de l'atmosphère. Il est un peu l'institut frère du GFDL. J'eus l'insigne honneur d'être invité par *Joseph Fletcher* (Document 27), une

personnalité de la NOAA, à ce moment là directeur du NCAR, à présenter une conférence devant une cinquantaine de chercheurs dans laquelle se trouvait, entre autres, *Edward Lorenz*, le découvreur du chaos en physique. J'étais évidemment très impressionné par un public de cette qualité venu pour écouter la présentation de mes modestes résultats sous le titre : *The heat budget of the equatorial Atlantic ocean*. Je me souviens que *Lorenz* m'a posé une question et plus tard, à la fin du séminaire, *Jo Fletcher* m'a glissé une enveloppe avec quelques billets à l'intérieur ! C'était la première fois, à ma grande surprise, que j'étais ainsi « honoré » pécuniairement pour une conférence.

En 1981, j'ai été organisateur pour *Eric Kraus*, mon directeur au CIMAS à l'Université de *Miami*, d'un *Advanced Research Institut* de l'OTAN (*Organisation du Traité de l'Atlantique Nord*) sur le sujet : *Large scale transport of heat and matters in the oceans*. Ce colloque, soutenu aussi financièrement par le CNRS, était organisé dans le cadre magnifique du *Château de Bonas* dans le *Gers* et rassemblait une quarantaine d'océanographes parmi lesquels je me souviens de *Klaus Hasselmann* du *Max Plank Institut* de *Hambourg*.

En 1983 j'ai été invité, en qualité de co-organisateur, au *14ème colloque international sur l'hydrodynamique marine* à *Liège*. C'était une manifestation scientifique rituelle, de fréquence annuelle, initiée par le professeur *Jacques Nihoul* de l'université de *Liège*, destinée à faire connaître son groupe de recherche et à le rattacher à la communauté scientifique internationale des océanographes. Cette année là le colloque était intitulé : *Hydrodynamics of the equatorial ocean* ; j'ai présenté une synthèse des résultats récents que j'avais obtenus dans l'Atlantique intertropical sous le titre : *Seasonal variability of subsurface thermal structure in the tropical Atlantic ocean*. J'y décrivais la double oscillation saisonnière de la thermocline expliquant les transports rapides d'eaux chaudes le long de l'équateur sous l'action mécanique de la tension du vent. J'eus la surprise de recevoir à cette occasion la médaille d'honneur de l'Université de *Liège* pour l'ensemble de mes travaux sur l'Atlantique tropical ; je partageais cette distinction avec le professeur *James O'Brien* de l'Université d'État de *Floride* à *Tallahassee* (*États-Unis*), à l'époque une des sommités de l'océanographie.

En 1985 je fus invité par le Dr *Eugene LaFond*, Secrétaire Général de l'IAPSO (*International Association for the Physical Sciences of the Ocean*)⁵¹ à être l'organisateur (*Convenor*) d'une session de l'assemblée jointe IAPSO/IAMAP qui se tenait à *Honolulu (Hawaii)* du 5 au 16 juin 1985. Ma session s'intitulait : *Dynamic and Thermodynamic of the Equatorial Ocean* (Document 28). Dans mes fonctions de *convenor* j'étais chargé de rédiger un appel d'offre pour recueillir les « *abstracts* » des scientifiques désirant présenter une communication à cette assemblée. J'étais également chargé de sélectionner quelques conférenciers invités sur des sujets scientifiques choisis. Ma session rassembla 24 contributions dont 9 invitées parmi les scientifiques les plus représentatifs du domaine (Encart 7). Malheureusement pris au dernier moment par un problème familial je ne pus me déplacer à *Honolulu* et présider cette session qui fut confiée à mon *co-convenor* le professeur *Guan Binxian* de l'Académie des sciences chinoise. Cette demande d'organisation suivie de la présidence d'une session de l'assemblée IAPSO/IAMAP rassemblant les communautés scientifiques de l'océan et de l'atmosphère, dépendants de la prestigieuse IUGG (*International Union of Geodesy and Geophysics*) et de sa branche américaine l'AGU (*American Geophysical Union*) dont je faisais également partie, est incontestablement un des moments forts de ma carrière. J'eus le sentiment pour un instant d'être dans le peloton de tête du domaine de l'océanographie physique tropicale

Encart 7

Conférences invitées à l'assemblée IAPSO/IAMAP – Honolulu – 1985

Jim O'Brien : « *Dynamical response of the Equatorial ocean* » ; **Pearn Niiler** : « *Thermodynamic of the Equatorial ocean* » ; **Donald Hansen** : « *The 30 days Equatorial waves* » ; **Jay Mc Creary** : « *Response of the Equatorial ocean to a Steady Wind* » ; **Robert Weisberg** : « *Observations of Equatorial Waves* » ; **Eli Katz** : « *Monitoring the thermocline response with IES* » ; **Catherine Gautier** : « *Monitoring the Ocean-Atmosphere Heat Exchange in the Equatorial regions* » ; **Edward Sarachik** : « *The forcing function of the Tropical Ocean* » ; **David Halpern** : « *The Equatorial Upwelling : Facts and Theories* ».

⁵¹ IAPSO pour l'océan et IAMAP *International Association of Meteorology and Atmospheric Physics* pour la météorologie sont des associations membres de l'IUGG *International Union of Geodesy and Geophysic* principale société savante des sciences de la Terre. IAPSO et IAMAP sont fréquemment associées.

En 1986, l'idée d'organiser un symposium en l'honneur de *Jacob Bjerknes*, célèbre météorologiste (1897-1975) prit corps au sein de l'Université de *Californie Los Angeles* (UCLA) et le professeur *Carlos Mechoso*, du département des sciences atmosphériques, chargé de constituer un Comité d'organisation pour ce symposium, me contacta. *Jacob Bjerknes*⁵² avait été une personnalité scientifique mondialement reconnue dans le domaine de la météorologie et des interactions océan-atmosphère. Sa notoriété justifiait, dix ans après sa disparition, l'organisation d'un symposium en son honneur. Soutenue par l'OMM, et l'AMS (*American Meteorological Society*), cette manifestation scientifique était censée rassembler les météorologues et les océanographes les plus représentatifs du domaine des interactions entre l'atmosphère et l'océan. Ce thème de recherche était devenu très important dans la perspective du changement climatique. Avec une dizaine d'autres scientifiques, je fus invité à être membre du comité d'organisation du symposium composé de : *Jerome Namias, Antonio Divino Moura, John Wallace, Klaus Wyrtki, Jagadish Shukla, Brian Hoskins, George Philander, T. Tokyota, Carlos Mechoso, Jacques Merle*. Le symposium rassembla plus de 300 participants et se tint à *Anaheim* au sud de *Los Angeles* en *Californie* en février 1988. Outre ma participation au comité d'organisation je fus invité à présenter une conférence sous le titre : *Oceanic adjustment of the tropical Atlantic – an « El Niño like » phenomenon*.

Plus tard dans les années 1990, j'ai été membre de plusieurs comités scientifiques étrangers, notamment le comité scientifique de l'Université de *Kiel* en *Allemagne* et celui de l'IRI (*International Research Institut*), dépendant de la *NOAA* aux *États-Unis*. Je présenterai ultérieurement ces activités plus en détail. Mais je souhaite évoquer ici une conséquence, inattendue pour moi, de mes activités scientifiques dédiées aux recherches sur le climat et l'environnement océanique ; il s'agit de l'écho qu'elles ont pu avoir auprès du public au-delà des

⁵² *Jacob Bjerknes* était le troisième descendant d'une lignée de grands scientifiques, fils de *Vilhelm Bjerknes* géophysicien et petit-fils de *Carl Anton Bjerknes* lui aussi géophysicien très connu. *Vilhelm* était professeur à l'université de *Stockholm* (en *Suède*). Il émigra, en 1917, avec son fils *Jacob*, à l'université de *Bergen* (en *Norvège*). *Jacob* suivit son père et devint un météorologue très connu en *Norvège*, membre de la fameuse école de météorologie de *Bergen* dans les années 1920. Mais il émigra aux *États-Unis* avec sa famille en 1939 et devint citoyen américain. En 1940 il fut nommé professeur de physique et de météorologie à l'université de *Californie - Los Angeles* (UCLA) jusqu'à sa disparition en 1975. Il est le premier scientifique, précurseur dans l'étude du phénomène *El Niño*, à avoir fait l'hypothèse que ce phénomène relevait des interactions entre l'océan et l'atmosphère. Il en proposa une théorie qui liait les variations de la température de surface de l'océan Pacifique équatorial aux variations d'intensité des vents alizés.

cercles scientifiques, donnant ainsi à ces activités et à ma carrière une modeste mais réelle visibilité médiatique.

Les media s'en mêlent

Ce fut le CNRS qui pour la presse écrite donna le coup d'envoi de la médiatisation des questions scientifiques auxquelles j'étais attaché, par un communiqué de presse reprenant un résultat publié dans son « courrier spécial » et dans plusieurs journaux scientifiques. Le communiqué, repris par l'agence France-Presse, faisait état de conditions favorables à la pêche dans le *Golfe de Guinée* en relation non pas avec le vent local mais avec le vent plus à l'ouest au large du *Brésil* à plus de 5 000 kilomètres de distance. C'était la traduction du *remote forcing*, déjà évoqué abondamment ici, mis en évidence certaines années dans l'Atlantique tropical et beaucoup plus fréquemment dans le Pacifique tropical.

Cette information scientifique fut reprise en mars 1982 par le quotidien britannique : *The Times*, sous la plume du comité éditorial de la prestigieuse revue scientifique « *Nature* », comme me le communiqua une océanographe britannique sénior très connue, *Mary Swallow* (Document 29). Le staff de « *Nature* » insistait sur le côté prédictif possible des conditions thermiques océaniques, favorables ou non, à la pêche dans cette région avec un titre : « *Mariners' clue to collapse of fisheries* ». Un peu plus tard, en août 1982, l'hebdomadaire français « *Le Point* » reprit sur deux pages cette même information avec un titre accrocheur : *Pour l'Europe l'alizé décide* et un sous titre : *Que l'alizé souffle fort sur la côte brésilienne et la pêche sera bonne... dans le Golfe de Guinée, trente jours plus tard. Mieux il pleuvra sur le Sahel* (Document 30 Pages 1 et 2). Notre recherche conduisait donc à des perspectives d'applications concrètes comme prévoir un mois à l'avance des conditions océaniques favorables à la pêche dans une région de grande pêche comme le *Golfe de Guinée*.

Un autre petit événement médiatique eut pour origine les progrès que les océanographes avaient accompli dans la connaissance des interactions entre l'atmosphère et l'océan tropical. De janvier à avril 1983, la *Polynésie française* fut exceptionnellement frappée par six cyclones d'une grande intensité, ce qui ne s'était pas produit depuis le début du XX^{ème} siècle (1904). Le service

météorologique local à *Tahiti* était sur les dents n'ayant pas d'explication à cette étrange cyclogenèse aussi violente que subite. Mon collègue, *Yves Tourre*, météorologue de formation mais proche des océanographes, avait son idée sur les raisons de cette violence cyclonique soudaine. Pour lui c'était clairement une conséquence d'El Niño. Il fit part de ses soupçons sur El Niño à ses anciens collègues météorologues de *Tahiti* qui lui répondirent : *c'est quoi El Niño ?* Des fuites plus ou moins volontaires autour des échanges un peu vifs qui s'ensuivirent sur cette question entre météorologues et océanographes arrivèrent aux oreilles des ministères concernés très préoccupés par les destructions que subissaient les populations polynésiennes. Une commission d'enquête⁵³ fut diligentée pour savoir pourquoi il n'avait pas été possible de prévoir cet épisode cyclonique et pour qu'à l'avenir ces défaillances soient corrigées, les météorologues devant mieux prendre en compte les conditions océaniques, notamment la température de surface, pour prévoir à l'avance ces événements destructeurs et en protéger les populations locales. Avec *Yves Tourre*, nous fûmes consultés par cette commission manifestement à charge contre les services de la météorologie.

L'affaire prit un peu d'ampleur et certains médias, presse écrite et radio, furent alertés à tel point qu'une émission de *France-Inter* très écoutée : « le téléphone sonne », nous demanda, à *Yves Tourre* et moi, de répondre en direct pendant une heure aux questions des auditeurs sur les événements météorologiques exceptionnels, notamment les cyclones. Nous nous employâmes à montrer que dans les régions équatoriales du Pacifique l'interaction entre la basse atmosphère surchauffée et les eaux de surface des océans également très chaudes (27 °C à 30 °C), pouvait générer des événements météorologiques violents comme les cyclones, ou moins violents, mais plus durables, comme le phénomène El Niño ; celui-ci pouvait d'ailleurs constituer un pré-conditionnement des épisodes cyclonique par l'apport d'eaux chaudes qu'il engendrait durant plusieurs mois. Nous ne passâmes pas sous silence non plus les insuffisances de la prévision météorologique qui, à cette époque, ne prenait pas en compte les conditions océaniques, notamment la température de surface des océans.

Un auditeur de cette émission était particulièrement attentif, il s'agissait d'un journaliste très connu, *Michel Polac*, producteur d'une fameuse émission télévisée de grande écoute à l'époque : « Droit de réponse ». *Michel Polac*

⁵³ Il s'agit de la commission d'enquête sur les catastrophes naturelles affectant la Polynésie française mise en place par le Directeur de la Sécurité Civile en 1983, à laquelle mon collègue *Yves Tourre* et moi participèrent.

décida de faire de ce thème ciblant un affrontement potentiel entre deux catégories d'experts, météorologues et océanographes, sur une question qui intéressait des populations menacées, le sujet du prochain épisode de son émission. Il nous contacta et je fus immédiatement embarqué dans l'aventure, toute nouvelle pour moi, d'une émission télévisée en direct avec *Michel Polac*, deux journalistes scientifiques, *Alain Gilot-Pétre* et *Michel Chevallet*, le directeur de la météorologie nationale (avant Météo-France) *Jean Labrousse*, un jardinier et l'historien du climat *Emmanuel Le Roy Ladurie*. L'émission se devait d'être houleuse par la volonté même de son producteur, et se déroulait à une heure de grande écoute ; c'était le samedi 22 octobre à 20 H 30. Pour soigner son audimat *Michel Polac* espérait l'affrontement entre *Jean Labrousse* directeur de la météorologie nationale et moi le représentant de ces océanographes frondeurs. Mais avec *Jean Labrousse* nous nous étions concertés avant et nous avons convenu d'un pacte de non agression sur le fond, avec cependant la possibilité de quelques duels sur des points de détail pour conserver du sel à l'émission. En fait l'émission fut assez calme et la sagesse d'*Emmanuel Le Roy Ladurie* contribua à élever le débat en nous ramenant à la dimension historique de la perception depuis la nuit des temps, du climat et du temps⁵⁴. Néanmoins plusieurs millions de téléspectateurs découvrirent ce soir-là que l'océan était important pour connaître le temps et prévoir le climat ; c'était l'essentiel. Quant à moi, le lendemain, je fus un peu surpris d'être interpellé par des personnes connues, et même inconnues, qui me lançaient avec un sourire : « On vous a vu hier à la télévision... ! ». J'étais passé à la télé ! Comme l'on dit sans pour autant être devenu un scientifique médiatique. D'autres plus tard feront beaucoup mieux !

Au cours de cette période, il y eu d'autres petits événements, pas toujours médiatiques mais relevant au moins de la communication de la science et même du folklore, dans lesquels j'ai été impliqué. En 1984 le président du *Zaire*, *Joseph Désiré Mobutu* n'était plus en odeur de sainteté auprès des diplomates et du gouvernement français. Mais il s'invitait parfois en *France* et les responsables politiques du moment en étaient souvent très embarrassés. Ainsi le 15 avril 1984 le président *Mobutu* débarqua dans l'hexagone, accompagné de son imposante suite et couvert de son fameux chèche léopard traditionnel. Aucun ministre ne voulant le recevoir, il fallait trouver quelque chose pour l'occuper. Le ministre

⁵⁴ Il est peut-être symptomatique que le mot « temps » de la météorologie soit en français le même qui désigne la durée, le « temps » ... qui passe !

de la coopération eut alors une idée, lui faire visiter le centre de recherche de l'ORSTOM situé à *Bondy* en *Seine-Saint-Denis*. Mais il fallait aussi trouver un chercheur pour lui présenter les activités scientifiques de cet établissement. La corvée me tomba dessus sans prévenir ! Je dus, pendant près de deux heures, présenter au président *Mobutu*, et à sa nombreuse suite, les activités de recherche menées par la *France* et l'ORSTOM en *Afrique* et plus particulièrement dans son pays dans le domaine des sciences de l'environnement. A son air ennuyé et boudeur je perçu rapidement qu'il avait bien compris qu'il n'était pas, ce jour là, le bienvenu en *France* !

D'autres manifestations médiatiques encore ponctuèrent cette période à mesure que la question du changement climatique faisait son chemin parmi les citoyens, la société, les politiques. Je me souviens d'avoir été interviewé sur El Niño en 1986 par la chaîne de télévision japonaise NHK, et par des chaînes françaises, « TV6 » en 1987 et « Season » en février 1998. J'ai aussi été invité en direct sur le plateau de THALASSA sur la troisième chaîne en 1989. J'ai participé à plusieurs émissions radio pour *France-Culture* et RFO. J'ai présenté des conférences au Centre Pompidou de *Beaubourg*, au Muséum National d'Histoire Naturelle, à l'Institut Océanographique, et aussi dans des lycées et collèges d'*Ile de France*, du *Languedoc-Roussillon*, de *PACA*, de *Bretagne* ...etc. J'ai également écrit des articles de vulgarisation pour des journaux, des revues ou des encyclopédies comme « *Encyclopedia Universalis* ». Plus tard, comme indiqué précédemment, j'ai publié deux livres : « Océan et Climat » édité par l'IRD en 2006, et « L'océan gouverne-t-il le climat ? » co-édité par *Vuibert et l'IRD* en 2009. J'ai aussi participé plus récemment en 2011 au livre « Climat – Une planète et des hommes » (Document 46, chapitre XI) publié aux éditions du *cherche midi*. Voilà pour mes activités de transfert et de communication.

La science reprend ses droits entre environnement et développement

J'ai mentionné précédemment le peu d'intérêt que portaient les directions successives de l'ORSTOM/IRD à la question climatique et à sa relation avec la dynamique de l'océan. La mise en place progressive d'équipes d'océanographes physiciens à l'ORSTOM, notamment dans le Pacifique à *Nouméa*, mais aussi en *Afrique* à *Dakar*, *Abidjan*, *Pointe Noire*, en *Guyane* et dans l'océan Indien à

Nossy Be, pour l'étude de la circulation océanique à grande échelle dans les tropiques, et son interaction avec l'atmosphère, éloignait en apparence l'office de sa problématique générale orientée vers le développement. Cette divergence d'objectifs était à ce point perceptible qu'en plusieurs occasions la question fut posée de la nécessité, ou non, de maintenir ces équipes d'océanographes hauturiers à l'ORSTOM plutôt que de les passer au CNRS ou à l'IFREMER. À ce sujet, en 1991, j'ai trouvé symptomatique de ce désintérêt de la direction pour les grands programmes sur l'environnement et le climat l'absence de réaction de sa part sur un rapport faisant le point des recherches sur la thématique géosphère – biosphère dont j'avais pris l'initiative (Document 31).

Mais la visibilité nationale et internationale dont bénéficiaient les équipes d'océanographes et de climatologues ORSTOM a incontestablement rejailli sur l'ensemble de l'institut. De ce fait, dans notre organisme, la problématique climatique a fini par être acceptée et par croiser celle du développement. L'étude des mécanismes et des milieux, notamment l'océan, responsables de l'environnement planétaire a finalement réussi à acquérir une incontestable légitimité au sein de cet organisme spécialisé dans la recherche pour le développement du Sud. La prise en compte de cet infléchissement s'est traduite par la mise en place, en 1997, à l'incitation du Directeur Général de l'époque *Jean Nemo*, d'une Unité de Recherche : *variabilité climatique tropicale et impacts régionaux* dont je suis devenu le directeur. Les attendus et les objectifs de cette imposante UR, qui regroupait 128 personnes dont 104 statutaires, illustre bien cette convergence enfin réalisée entre une finalité orientée vers le développement du Sud et le souci de son environnement notamment en ce qui concerne les impacts de la variabilité du climat.

On peut répéter que le climat, son instabilité et sa variabilité à différentes échelles spatio-temporelles s'est imposé progressivement à la communauté scientifique internationale, à partir des années 1980, comme une priorité de la recherche nécessitant une approche pluridisciplinaire globale. Par ailleurs l'incidence des variations climatiques plus ou moins brutales sur les sociétés développées ou en développement est apparue déterminante pour de nombreux secteurs de l'économie conditionnant le devenir même de ces sociétés. L'agriculture, l'énergie, l'habitat, les ressources en eau, voire le tourisme et la santé, dépendent plus ou moins directement de l'environnement et du climat. C'est une prise de conscience relativement récente qui a bouleversé toutes les sciences de l'environnement et a marqué son emprise sur les sociétés. On a vu

que la géophysique des sphères fluides, atmosphère et hydrosphère (incluant l'océan) à l'origine de la variabilité climatique, s'est, la première, organisée en grands chantiers internationaux, abondamment évoqué ici : WOCE, TOGA, TOPEX/POSEIDON ... etc.

Cependant la biosphère elle même (y compris l'homme) est apparue bientôt inséparable de l'évolution de l'ensemble. Le monde vivant est affecté par les transformations physiques du milieu et en retour il rétroagit sur ce milieu physique, notamment depuis que l'activité industrielle humaine affecte significativement l'environnement terrestre. Une évolution conceptuelle a donc progressivement émergé, fondée sur cette prise de conscience de la globalité et de la pluridisciplinarité des problèmes que pose la compréhension de l'interaction des différents milieux terrestres. Dès lors, il est devenu difficile de dissocier ces problèmes de la question du développement lui-même ou de la recherche sur et pour le développement. C'est ce qui a conduit mon organisme, toujours dédié à la recherche pour le développement, à opérer une forme de réconciliation entre développement et environnement. L'office a enfin compris que l'océan tropical joue un rôle déterminant dans l'environnement planétaire et le développement des pays du sud. Cette prise de conscience s'est traduit, entre autre, par la réalisation, en 2001, d'une exposition itinérante à destination du Sud, sur le thème « océan et climat » dont on m'a demandé d'assurer la direction scientifique (Chapitre XI, Fig. 54).

La nécessité d'une prise en compte globale du milieu terrestre à surveiller implique que les régions tropicales, qui occupent près de 40 % de la surface du globe, soient aussi prises en compte au même titre que les régions développées du nord. Cette nécessité est d'autant plus impérieuse que ces régions de basses latitudes tiennent une place particulière dans la dynamique du climat et les impacts régionaux de sa variabilité. Ces régions sont, d'une part, très sensibles économiquement aux changements de l'environnement climatique et, d'autre part, elles sont le siège de phénomènes géophysiques singuliers qui conditionnent l'équilibre énergétique de la planète toute entière. En effet du fait de la proximité de l'équateur, les océans tropicaux sont le siège de phénomènes mécaniques spécifiques liés à la rotation de la terre. Ces phénomènes affectant les basses latitudes sont à l'origine, comme on l'a vu, d'interactions instables entre l'océan et l'atmosphère créant une variabilité climatique interannuelle importante dont le phénomène El Niño est l'illustration la plus spectaculaire (Programme TOGA, Chapitre VI).

Mais la variabilité du climat tropical et la vulnérabilité des régions affectées représentent aussi un enjeu humain, économique et politique d'une grande importance pour les populations qui y habitent mais aussi pour la planète toute entière. La sensibilité particulière de ces régions à des changements climatiques globaux et les contrastes climatiques régionaux très marqués qui en résultent sont à l'origine de phénomènes extrêmes : sécheresses, inondations, ouragans destructeurs, aux conséquences humaines et économiques particulièrement désastreuses. Par ailleurs, les nécessités du développement impliquent dans ces régions des activités humaines qui peuvent être extrêmement dommageables pour l'environnement local et l'équilibre planétaire : déforestation, extinction d'espèces, réduction des surfaces cultivables,etc. Il est donc nécessaire aussi de connaître les effets et les nuisances du développement sur les milieux les plus fragiles de ces régions de basses latitudes comme les milieux littoraux, les zones arides, les forêts, afin de proposer des modes de gestion de ces ressources qui soient respectueux de l'environnement à long terme. Dans les régions tropicales environnement et développement apparaissent de ce fait étroitement interdépendants.

Par ailleurs ces régions sont précisément celles où les observations sont les plus difficiles à réaliser, ne serait ce que parce que les populations qui y vivent sont parmi les plus pauvres. Les communautés scientifiques des pays en développement doivent donc être fortement soutenues par les pays développés, pour les aider à participer à cet effort commun, qui s'organise en grands programmes scientifiques multi-États, préalables à des accords internationaux relevant alors plus de la géopolitique que de la connaissance précise de notre environnement planétaire.

Globalité, interdisciplinarité, sensibilité particulière des régions tropicales et enjeux socio-économiques liés à une dialectique environnement-développement particulièrement tendue, sont donc les caractéristiques principales à forte connotation humaine et sociale, de ce domaine de recherche. L'ORSTOM a participé activement à ces travaux, à la fois comme opérateur des grands programmes nationaux et internationaux, mais aussi comme intervenant, au plus près du développement aux côtés de ces pays du sud. L'institut s'est placé ainsi en position favorable pour opérer le nécessaire transfert entre ces recherches fondamentales aux échelles globales, menées par les pays du nord, et leurs applications aux conditions locales et régionales pour le développement du Sud, notamment en ce qui concerne la ressource en eau. C'était l'objectif ultime

de la nouvelle UR : *Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux* que j'ai été amené à diriger à partir de juin 1997.

Les programmes de recherches de cette UR devaient s'attacher à détecter et observer des événements climatiques exceptionnels et des variations pseudo-cycliques (à l'exemple d'ENSO) affectant les régions sensibles des aires d'intervention de l'institut. Ces événements devaient être reliés à leurs mécanismes fondamentaux pour éventuellement envisager leur prévision. Les implications de ces événements sur les stratégies agricoles ou énergétiques, par l'intermédiaire de la ressource en eau, devaient être privilégiées. Les modifications apportées à l'environnement par les activités humaines, qui peuvent contribuer à une altération du cycle hydrologique et énergétique, devaient aussi être particulièrement étudiées. Ainsi à titre d'exemple la mise en culture des zones côtières d'Afrique tropicale peut se traduire par une moins forte pénétration de la mousson en direction de l'intérieur du continent, et plus certainement encore par un recyclage plus faible de cette humidité incidente.

Un autre aspect de l'intérêt de ces études appliquées au développement prises en compte par cette UR concernait l'impact du réchauffement global couplé aux oscillations interannuelles liées à ENSO qui peut affecter les régions littorales et mettre en péril l'existence même de certains archipels du Pacifique par l'élévation continue du niveau de l'océan. Le réchauffement global peut aussi compromettre le rôle de régulateur interannuel des glaciers intertropicaux (Amérique du sud principalement : *Equateur, Pérou, nord Chili*) par leur disparition ou leur amoindrissement. De plus, le changement global n'est pas limité seulement à une montée du niveau de la mer et à une augmentation de la température moyenne ; il pourrait modifier aussi la périodicité actuelle des anomalies climatiques, induisant par exemple des El Niño plus fréquents, voire permanents et plus forts qu'actuellement, avec toutes les conséquences que cela pourrait impliquer pour les climats régionaux du Sud. La prévision de ces événements devrait permettre d'aménager des stratégies d'adaptation pour préserver les capacités de développement de ces pays pauvres.

DOCUMENT 23 : La recherche sur le climat au Sahel, fiche pour la conférence de presse du Ministre Christian Nucci.

Dossier

L'APPORT DE LA RECHERCHE AU SAHEL



Fonds Documentaire IRD
Cote : Bx 26390 Ex : 1

Le Sahel : désert à perpétuité ou future oasis ? C'est ainsi que l'Agence France Presse rendait compte de la conférence de presse organisée le 17 mai dernier par M. Christian Nucci, Ministre Délégué chargé de la Coopération et du Développement, conférence qui tentait de faire le point sur le climat et les raisons de la sécheresse.

En effet, le Sahel pourrait connaître cette année une saison des pluies un peu plus humide. C'est du moins ce que peut annoncer une inversion des paramètres climatiques observée par des scientifiques français.

Des chercheurs de l'ORSTOM, de l'INRA et du GERDAT participaient à cette conférence de presse. Voici les communications qui ont été rédigées pour cette manifestation par Jacques MERLE, Bernard GUILLOT et Edmond BERNUS. Un dossier présentant l'ensemble des recherches menées à l'ORSTOM sur le problème de la sécheresse sera publié dans un prochain numéro d'ORSTOM-ACTUALITÉS.

L'ETUDE DES CLIMATS

Le climat est une préoccupation récente mais urgente pour l'humanité. Trop de choses en dépendent : la capacité de satisfaire des besoins alimentaires croissants ; la nécessité de planifier plus rigoureusement les équilibres économiques qui dépendent, pour beaucoup, des facteurs agricoles et climatiques ; les craintes de créer des déséquilibres irréversibles par une activité industrielle mal contrôlée (l'accroissement continu du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère en est une manifestation). Toutes ces raisons ont conduit les nations développées à mettre sur pied récemment des programmes d'étude du climat. L'objectif général est d'arriver à une connaissance suffisante des mécanismes physiques du climat, pour pouvoir envisager d'en prévoir les fluctuations.

En effet le climat n'est pas stable ; il varie à toutes échelles, depuis l'échelle géologique (de quelques milliers à quelques millions d'années) jusqu'aux échelles historiques et humaines (de quelques mois à quelques décennies).

Les variations du climat sont le résultat d'une part d'interactions complexes entre les différents milieux constituant notre planète (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, biosphère, lithosphère), d'autre part de facteurs astronomiques extérieurs à la planète, comme ceux par exemple qui définissent la quantité d'énergie qui nous vient du soleil.

L'effort de recherche actuel s'applique principalement aux fluctuations climatiques à petites échelles (de quelques mois à quelques années ou dizaines d'années).

Les 3 milieux terrestres qui sont essentiels pour cette échelle de fluctuations sont : l'atmosphère, l'océan et la biosphère (principalement le couvert végétal) qui interagissent de façon très complexe pour causer sur certaines régions, notamment les tropiques, des périodes de sécheresse prolongées ou à l'inverse des précipitations excessives également catastrophiques. Les pays tropicaux sont les premiers concernés par ces fluctuations d'une part parce qu'ils sont affectés de variations climatiques de grande ampleur qui désorganisent leurs fragiles économies (Pérou..., Afrique) d'autre part parce que les océans tropicaux et les forêts équatoriales sont des milieux qui ont une action privilégiée sur l'évolution de l'atmosphère globale de la planète.

De grands programmes de recherche internationaux sont actuellement organisés sous l'égide de l'ONU, de l'Organisation météorologique mondiale et du Conseil international des unions scientifiques (Académie des sciences). Le premier de ces programmes TOGA (Tropical Oceans and Global Atmosphere) débute en 1985 et se propose pour 10 ans de réunir dans la ceinture tropicale les observations nécessaires (océaniques,

4 0836 INF6 F26 GEN ECO SCI 51937 265 498 RCU
PATRICE LANDY (INFO-SCIENCES)
SECHERESSE-SAHEL/PLTI
LE SAHEL: DESERT A PERPETUITE OU FUTURE OASIS?
PAR PATRICE LANDY.
PARIS, 17 MAI (AFP) - LE SAHEL POURRAIT CONNAITRE ENFIN UNE SAISON DES PLUIES UN PEU PLUS HUMIDE. C'EST DU MOINS CE QUE PEUT ANNONCER UNE INVERSION DES PARAMETRES CLIMATIQUES SUR LA REGION TROPICALE RECENTEMENT OBSERVEE PAR DES SCIENTIFIQUES FRANCAIS.
FAIRE LE POINT SUR LE CLIMAT ET SUR LES RAISONS DE LA SECHERESSE AU SAHEL, CETTE ZONE SEMI-DESERTIQUE QUI S'ETEND AU NORD DE L'AFRIQUE EQUATORIALE, EST UN PROGRAMME AMBITIEUX RELEVANT DE MULTIPLES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES. C'EST FAUTANT CE QU'ON TESSAYE DE FAIRE AU COURS D'UNE CONFERENCE DE PRESSE ORGANISEE CET APRES-MIDI PAR M. CHRISTIAN NUCCI, MINISTRE DELEGUE CHARGE DE LA COOPERATION ET DU DEVELOPPEMENT DES SCIENTIFIQUES DE L'ORSTOM (OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER) DE L'INRA (INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE) ET DU GERDAT (GROUPEMENT D'ETUDE ET DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE TROPICALE.)
LE MINISTRE A EGLEMENT ANNONCE POUR LE PROCHAIN CONSEIL DES MINISTRES UNE COMMUNICATION SUR 'L'AIDE ALIMENTAIRE D'URGENCE ET DANS LE CADRE DES PROGRAMMES DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA FRANCE'.
EN CE QUI CONCERNE L'ANNONCE DES PLUIES, LES EXPERTS NE SONT PAS UNANIMES, ET CEUX DONT L'INTIME CONVICTION EST QU'IL PLEUVRA CET AUTOMNE SUR LE SAHEL DEMEURENT PRUDENTS: L'EXPERIENCE METEO SUR L'AFRIQUE TROPICALE EST INSUFFISANTE POUR DEGRADER UNE PREVISION, MAIS LES OBSERVATIONS LES PLUS RECENTES MONTRENT TOUTES RUE LES CONDITION DE PLUIE SUR LE SAHEL SONT REUNIES' A DECLARE M. JEAN CITEAU, GEOGRAPHE A L'ORSTOM, SUIVRA...

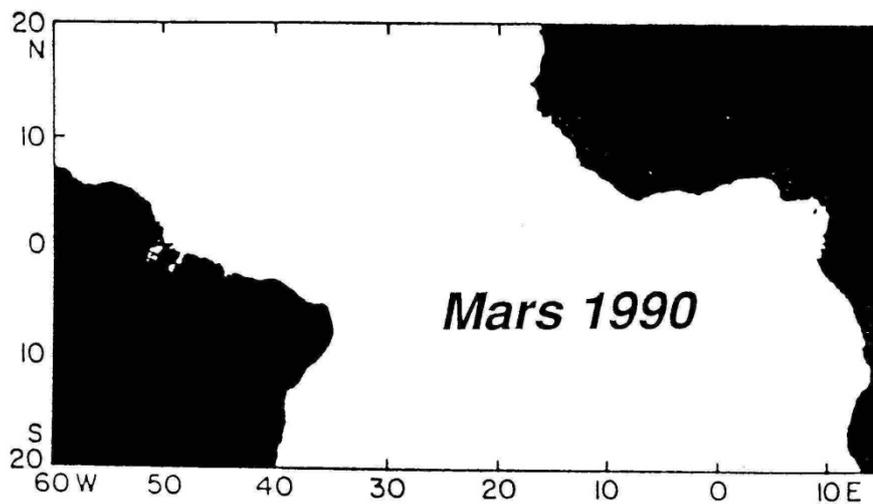
continentales et atmosphériques) à la construction de modèles climatiques qui permettront de prévoir les fluctuations du climat à l'échelle interannuelle. L'observation continue de la surface des océans, des terres et de l'état de l'atmosphère sera possible grâce aux satellites ceux-ci fourniront aux modèles les observations initiales qui permettront la prévision. Les principales nations engagées dans cette recherche qui nécessite une large coopération internationale (Etats-Unis, URSS, Europe dont la France, et de nombreux pays en voie de développement) se sont données l'horizon de l'an 2000 pour être en mesure de fournir une prévision climatique fiable.

L'ORSTOM est au premier rang des organismes français dans cette étude du climat notamment par sa participation au programme TOGA. La surveillance continue dans l'océan Pacifique ouest et central a été confiée aux équipes de Nouméa et Tahiti (programme SURPROPAC, SURPROPOL). Dans l'Atlantique, deux programmes ORSTOM (FOCAL, PIRAL) et une veille satellitaire associée à un programme américain constituent le principal réseau de surveillance climatique de cette région.

Jacques MERLE
Océanographie physicien



BULLETIN
OCEAN ATLANTIQUE TROPICAL



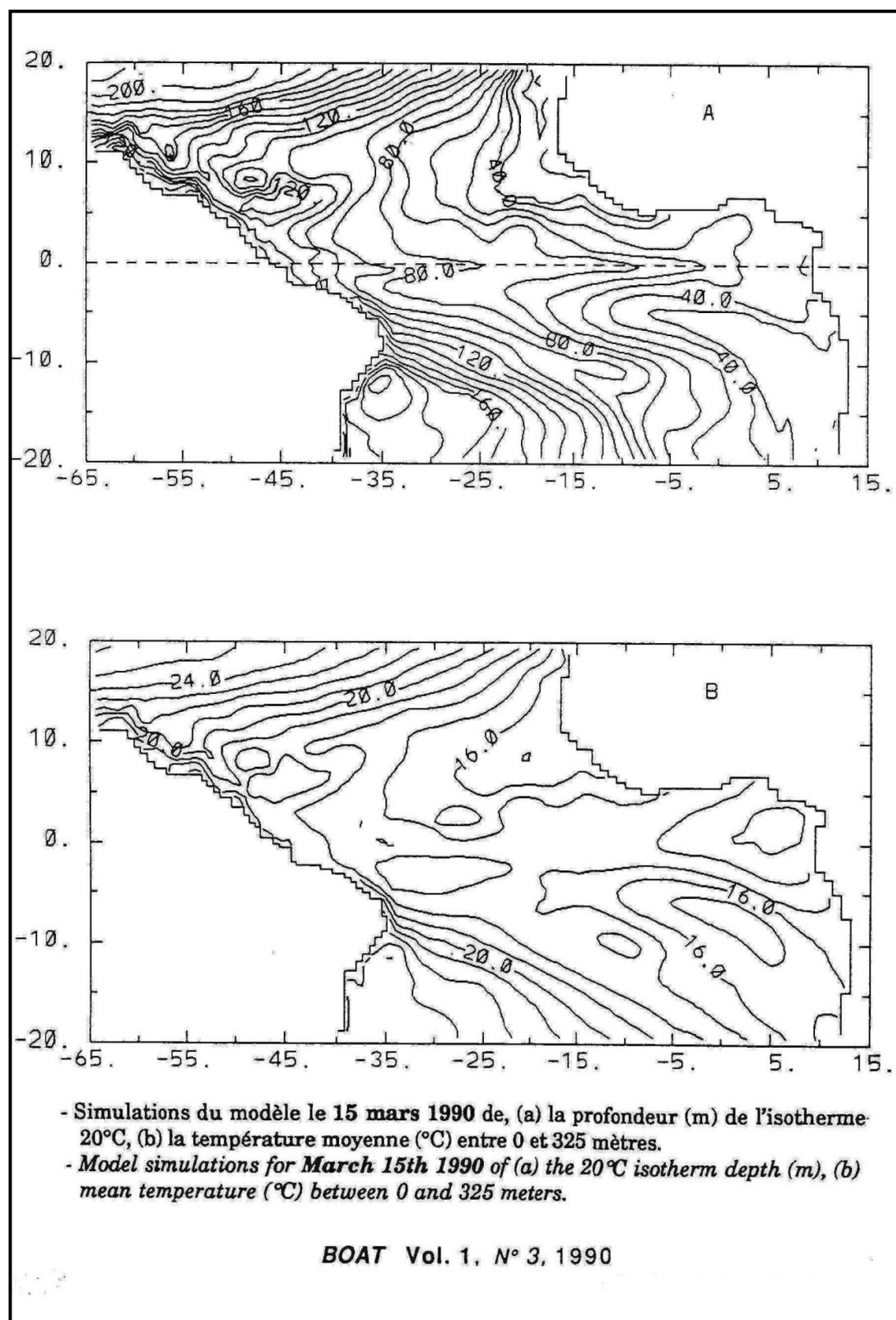
OBSERVATOIRE PERMANENT
DE L'OCEAN ATLANTIQUE TROPICAL
avec un modele assimilant les observations



Contribution au programme TOGA/France
soutenu par le Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat

Vol.1 - No.3

DOCUMENT 25 : Un exemple des produits distribués par le BOAT



DOCUMENT 26 : Publication (Première page) dans GRL de la première simulation opérationnelle de l'Atlantique tropicale

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 15, NO. 7, PAGES 653-656, JULY 1988

TOWARD AN OPERATIONAL 3 DIMENSIONAL SIMULATION OF THE TROPICAL ATLANTIC OCEAN

Jacques Merle and Alain Morlière

ORSTOM/LODYC, Université P. et M. Curie, Paris

Abstract. Simulations obtained with a three dimensional primitive equation model in the tropical Atlantic ocean are compared with observations made during the FOCAL and SEQUAL experiments in 1984. In many respects the results are encouraging; notably, the most characteristic aspects of the 1984 warm event are correctly represented by the simulations. As part of the TOGA program, it is planned to run such a model operationally in the tropical Atlantic ocean. An improvement in the simulation is expected from a regular reinitialization of the model using observations. The quality of the forcing functions, especially the wind stress, will be improved by using a high frequency wind field provided operationally by the European Center for Medium range Weather Forecasting (ECMWF).

Introduction

Important progress has been achieved during the last decade in modelling tropical oceans, which suggests that models can be used as tools for understanding and possibly forecasting upper ocean changes in the tropics. Observed climatological winds and surface thermodynamic fluxes have been used to force sophisticated three-dimensional models both in the Pacific [Philander et al., 1987] and in the Atlantic [Philander and Pacanowski, 1986].

One of the ultimate objectives of the Tropical Ocean and Global Atmosphere international program (TOGA) is to operate a coupled tropical ocean-atmosphere model that will possibly predict the evolution of the ocean-atmosphere climate system at low latitudes on an operational basis. An intermediate important goal could be reached before the existence of these coupled models; namely, the development of an operational tropical ocean model. It is planned, as part of the TOGA program, to run operationally such models in the three oceans. In the Pacific, Leetmaa (1987) has achieved an operational, near real time simulation of the ocean upper layers that is in some aspects quite realistic. He used the model of Philander et al., (1987). More recently a French group [P. Delecluse, personal communication, 1988], also developed a general circulation model (OGCM) that correctly simulated the evolution of upper layers of the Atlantic ocean during the FOCAL/SEQUAL experiments (1982-1984).

The purpose of this note is to briefly overview the first results obtained at the Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie (LODYC) using this new OGCM to simulate the 1984 year in the tropical Atlantic ocean. We also present plans for the development of a permanent now-casting of the tropical Atlantic ocean.

The model

The model is a multilayer primitive equation Ocean General Circulation Model (OGCM) with the usual Boussinesq, hydrostatic and rigid lid approximations. The primitive equations are solved numerically by means of finite differencing methods. The parametrization of vertical diffusivity is the one used by Pacanowski and Philander (1981). The

coefficient of horizontal eddy viscosity is constant and equal to 2.10^7 cm²/s. Vertical instabilities are eliminated instantaneously by vertical mixing to a depth that ensures stable density gradient. The model extends from 20°S to 20°N and from the American coast to the African coast with a grid point distribution variable in longitude. The latitudinal resolution varies continuously from 1/3 of a degree at the Equator to 1.5 degree at 20° latitude. The longitudinal resolution varies also continuously from 0.5 degree near the coasts to 1 degree at the center of the basin. There are 16 levels in the vertical from 0 to 3,750 meters, no topography and no islands. A no slip condition is used at the 20°N-20°S boundaries. The time step used is 40 minutes.

The Short Wave and Long Wave components of the surface heating are taken to be constant (respectively 203 Wm⁻² and 56 Wm⁻²). Sensible and latent heat fluxes are computed from the usual bulk formula with a drag coefficient equal to $1.4 \cdot 10^{-3}$. The air temperature is a climatology given by Esbensen and Kushnir (1981). The wind field used to force the model has been prepared by Servain et al. (1987) from ship observations. It is given in the form of a monthly mean of pseudo-stress gridded by squares of 2 degrees in latitude by 2 degrees in longitude. In addition, the wind stress has now been corrected for stability, which substantially increases the stress in light wind conditions.

The initial conditions for the model are zero currents and a uniform thermal stratification given by Philander and Pacanowski (1980). The equilibrium for the seasonal cycle is reached after four years of integration of the model forced by the climatological winds [Hellerman and Rosenstein, 1983]. The model was then run again for two more years (1982-1983) using a wind field produced for the FOCAL/SEQUAL experiments [V. Cardone and Y. Tourre personal communication, 1987] derived from output of the predictive model of the European Center for Medium range Weather Forecasting (ECMWF). The simulations presented here start the first of January 1984 using initial conditions which are the model situation on December 31, 1983.

The 1984 tropical Atlantic simulation

The model has been tested for the 1984 year during which the two intensive observing programs, FOCAL and SEQUAL (1982-1984) provided the most complete data set ever collected at a basin scale for two seasonal cycles in the tropics. Most of these observations have been described in a set of 24 papers collected in a special issue of Geophysical Research Letters referenced hereafter as SEQUAL/FOCAL (1984).

From these data, unusual warm conditions in 1984 have been described that are, in many respects similar to oceanic conditions observed during an EL NINO in the Pacific ocean [Philander, 1986; Hisard et al., 1986]. During the first three months of 1984 the upper ocean was unusually warm in the eastern part of the basin, with substantial deepening of the thermocline. The Intertropical Convergence Zone (ITCZ) was displaced southward about 400 kilometers from its normal near equatorial position. As a consequence light winds were preponderant with a strong southward component in the west indicating an extension of the northern trade winds in the southern hemisphere. The South Equatorial Current (SEC), which usually flows westward with an average speed of 80 cm/s, almost disappeared in Ja-

Copyright 1988 by the American Geophysical Union.

Paper number 7L8069.
0094-8276/88/007L-8069\$03.00

DOCUMENT 27 : mon Séminaire au NCAR à Boulder (Colorado)

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
National Oceanic and Atmospheric Administration
Environmental Research Laboratories

NOISE OF TALK

SEMINAR

BY

Dr. Jacques Merle
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
Paris, France

"THE HEAT BUDGET OF THE EQUATORIAL ATLANTIC OCEAN"

RB-3, Room 620

Wednesday, July 16, 1980
3:00 p.m.


Joseph P. Fletcher, Acting Director
Environmental Research Laboratories

**DOCUMENT 28 : L'Assemblée jointe IAMAP – IAPSO d'aout 1985 à
Honolulu dont je fus un des « Convenors ».**

PLAN TO ATTEND



**IAMAP/IAPSO
JOINT
ASSEMBLY**
AUGUST 5-16, 1985
HONOLULU, HAWAII

Cosponsors:
American Geophysical Union
American Meteorological Society
University of Hawaii, Honolulu

**Travel Support
Available**
Directly from the AGU

The American Geophysical Union has applied for grant funds to assist the travel of students and young investigators to attend this meeting. Applicants will be selected by a committee chosen by the chairman of the IAPSO and IAMAP Subcommittees of the U.S. National Committee for the International Union of Geodesy and Geophysics with allocation of grant funds made by the AGU. If you are interested in applying for assistance contact the AGU at the address below to receive an application form. **The deadline for receipt of applications is May 3, 1985.**

Write to: IAMAP/IAPSO Joint Assembly
American Geophysical Union
Meetings Department
2000 Florida Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20009

Telex #: 710-822-9300

or Call: 800-424-2488 (Toll Free)
202-462-6903 (DC area or outside
the contiguous USA)

**Directly from the IAMAP
and IAPSO Associations**

Limited funds are available in assisting participants to attend the Assembly. Participants who need financial assistance should address their request to the respective symposium convenor who will make a recommendation to the relevant Secretariat of IAMAP or IAPSO. **The names and addresses of convenors are printed in the Third Circular for this meeting in Eos, February 19, 1985. For additional information or a copy of the Third Circular call the AGU for assistance.**

mont-Doherty Geological Observatory, Palisades, NY 10964, USA.

JS-3 Monitoring the Ocean/Atmosphere System—New Techniques
Lead: IAPSO; Cosponsor: IAMAP (RC).
Convenor: M. Hall (IAPSO), NOAA, Code EM-6, 6010 Executive Boulevard, Rockville, MD 20852, USA.
Coconvenor: J. Harries (IAMAP/RC), Science and Engineering Research Council, Rutherford Appleton Laboratory, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0QX, United Kingdom.

JS-4 Modeling the Global Ocean/Atmosphere Climate System
Lead: IAMAP (CCL, CDM, CPM); Cosponsor: IAPSO.
Convenor: W. Lawrence Gates (IAMAP/CDM), Department of Atmospheric Sciences, Oregon State Univ., Corvallis, OR 97331, USA.
Coconvenor: Claude Frankignoul (IAPSO), Laboratoire de Physique et Chimie Marines, Université Pierre et Marie Curie, 4, Place Jussieu, Tour 24–25, F-75230, Paris Cedex 05, France.
Program Committee: D. Anderson (UK), W. Kellogg (USA), S. Manabe (USA), G. North (USA), A. Ohmura (Switzerland), Q.-C. Zeng (PRC).

JS-5 Heat Transports; Heat and Water Budgets
Lead: IAPSO; Cosponsor(s): IAMAP (CCL, CDM, RC).
Convenor: Fred Dobson (IAPSO), Ocean Circulation Division, Atlantic Oceanographic Laboratory, Bedford Institute of Oceanography, PO Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2 Canada.
Coconvenor: Tomio Asai (IAMAP/CCL, CDM), Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo, 1–15–1, Minamidai, Nakano-ku, Tokyo 164, Japan.
Program Committee: T. Vonder Haar (USA)

JS-6 Monsoon Circulations in Ocean and Atmosphere
Lead: IAMAP (CCL, CDM); Cosponsor: IAPSO.
Convenor: C. P. Chang (IAMAP/CDM), Department of Meteorology, Naval Postgraduate School, Code 63, Monterey, CA 93943, USA.
Coconvenor: Michele Fieux (IAPSO), Laboratoire d'Océanographie Physique, 42 rue Cuvier, F-75231 Paris Cedex, France.
Program Committee: T. Murakami (USA)

PS Précis/Poster Session on Meteorology and Physical Oceanography
Cosponsors: IAPSO and IAMAP.
Convenors: Eugene LaFond (IAPSO) LaFond Oceanic Consultants, PO Box 7325, San Diego, CA 92107, USA, and Stan Ruttenberg (IAMAP) UCAR Projects Office, PO Box 3000, Boulder, CO 80307, USA.

IAPSO Symposia
IAPSO Program Committee: K. Wyrki (USA); K. Hasunuma (Japan); H. Charnock (UK); D. Halpern (USA); A. S. Sarkisyan (USSR); J. D. Woods (FRG).

O-1 Formation of the Main Ocean Thermocline
Convenor: Juergen Willebrand, Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, D-2300 Kiel 1, Federal Republic of Germany.
Coconvenor: James Luyten, Woods Hole Oceanographic Institute, Woods Hole, MA 02543, USA.

O-2 Low-Frequency Dynamics in Mid-Latitudes
Convenor: Robert Haney, Department of Meteorology, Naval Postgraduate School, Monterey, CA 93940, USA.
Coconvenor: Jens Meincke, Institut für Meereskunde, Düsternbrooker Weg 20, D-2300 Kiel 1, Federal Republic of Germany.

O-3 Dynamics of the Mixed Layer
Convenor: Raymond T. Pollard, Institute of Oceanographic Sciences, Brook Rd., Wormley, Godalming, Surrey, GU8 5UB, United Kingdom.
Coconvenor: Ian S. F. Jones, Australian Navy Research Laboratory, PO Box 706, Darlinghurst, New South Wales 2010, Australia.

O-4 Variations of Sea Level
Convenor: David E. Cartwright, IOS, Bidston Observatory, Birkenhead L43 7RA, United Kingdom.
Coconvenor: Johann Lutjeharms, National Research Institute of Oceanography, CSIR, PO Box 320, 7600 Stellenbosch, South Africa.

O-5 Physical and Chemical Structure of the Ocean
Convenor: H. Gote Ostlund, School of Marine and Atmospheric Science, Univ. of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149, USA.
Coconvenor: Wolfgang Roether, Institut für Umweltpophysik, Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 366, D-6900 Heidelberg, Federal Republic of Germany.

O-6 Dynamics and Thermodynamics of the Equatorial Ocean
Convenor: Jacques Merle, L.P.D.A., Tour 15, 5-ème étage, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05, France.
Coconvenor: Guan Binxian, Institute of Oceanology, Academia Sinica, 7 Nan Hai Rd., Qingdao, People's Republic of China.

WOCE: Special Session of the World Ocean Circulation Experiment
Convenor: Francis Bretherton, AAP/NCAR, PO Box 3000, Boulder, CO 80307, USA.

IAMAP Symposia
M-1 Atmospheric Chemistry and Climate
Cosponsoring Commissions: CACGP, CCL.
Convenors: Paul Crutzen, (CACGP), Max-Planck-Institut für Chemie, Postfach 3060, D-6500, Mainz, Federal Republic of Germany, and J. Hansen (CCL), GISS/NASA, 2880 Broadway, New York, NY 10025, USA.
Program Committee: J. Chang (USA), S. Liu (USA), J. Miller (USA), R. Cicerone (USA)

THE TIMES SATURDAY MARCH 27 1982

Science report

Mariners' clue to collapse of fisheries

By the Staff of "Nature"

The routine weather observations of a couple of generations of sailors, sweltering off the coasts of Africa and South America, have been marshalled by a group of French oceanographers into important evidence which may affect much of the world's fishing industry.

The scientists, from the Natural History Museum of Paris, the French third world research agency (ORSTOM), and the physical oceanography laboratory at Brest, were interested in the collapse a few years ago of the Peruvian anchovy industry, when the harvest fell sevenfold in one year.

The cause was a sudden change in ocean currents. The Peruvian fisheries (and many others around the world, particularly in equatorial regions, depend on an upwelling of cold, nutrient-rich water from the bottom of the ocean. The nutrients feed plankton; the plankton feed the fish; and the fish feed people. In the case of Peru, the fish also feed billions of seabirds, which create guano deposits, accounting for a phosphate industry of world importance,

Unfortunately, the currents are unstable; they can change rapidly and massively, so killing the fish which, even if the current eventually returns, then takes years to re-establish themselves.

The great oceanographic puzzle is: what causes these changes? Some say there must be local causes; others that long-range waves, acting across whole oceans, can play a part. The French research has shown that at least in one case, the effect is very long-range and, moreover, that the changes in current can be predicted a month in advance.

The current in question was the upwelling in the Gulf of Guinea, the armpit of West Africa. The French team looked at the records of merchant ships plying off Brazil and in the gulf from 1911 to 1962. The seamen had recorded the surface temperature of the ocean and the strengths of the winds. In present study, the temperature was taken to be an indication of the strength of upwelling; if cold, it would be strong; if warm, weak.

The team discovered no connexion between wind strength in the gulf and the upwelling. But amazingly, the winds off Brazil were connected. If the off-shore Brazilian winds fell slack, then one month afterwards the Gulf of Guinea current failed and warm water replaced the cold.

The precise explanation for the connexion is still to be found, but mathematical oceanographers are not without theories that can be made to fit the case. Large-scale rotational waves called Kelvin waves, which run along coastlines and affect upwelling currents, may be influenced by deep-ocean waves, which in turn are affected by wind stress.

A chain such as that may connect events off the Brazilian coast to the Gulf of Guinea. Similarly, winds in the central Pacific might be the cause of *el Nino*, as the failure of the Peruvia upwelling is called. The knowledge of such connexions will not halt the events that follow, but they may at least give a few weeks' warning of impending disaster.

Source: Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
© Nature-Times News Service.

MÉTÉOROLOGIE

**Pour l'Europe
l'alizé décide**

Que l'alizé souffle fort sur la côte brésilienne et la pêche sera bonne... dans le golfe de Guinée, trente jours plus tard. Mieux, il pleuvra sur le Sahel.

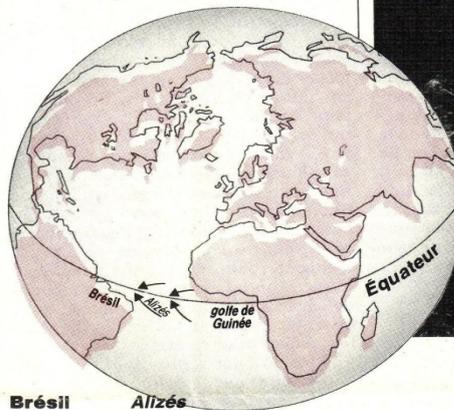
Où en est-il ? Il se renforce ? Il se dégonfle ? « Il », c'est l'anticyclone des Açores, vaste masse d'air dont dépend le beau ou le mauvais temps de nos vacances.

Qu'il remonte, bien gentiment, haut vers le nord, et le beau temps s'installe. Qu'il tarde à se mettre en place, et l'été risque d'être pourri. Par l'intermédiaire de l'anticyclone des Açores, le climat de la France est couplé avec celui de l'Atlantique central, pourtant distant de milliers de kilomètres. L'état de l'atmosphère en Europe est solidaire d'un « quelque chose » qui se passe aux Açores.

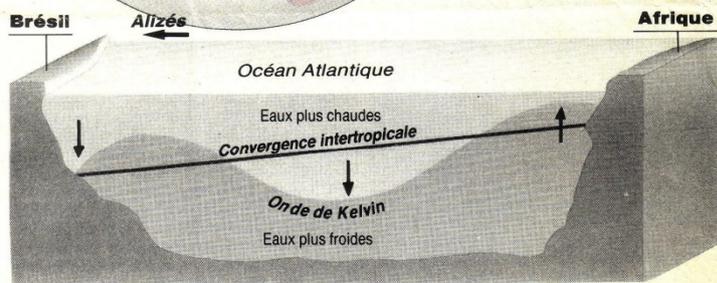
Ici, une telle solidarité climatique n'a de conséquences que sur la santé économique des agriculteurs, le bronzage des aoténiens et le tiroir-caisse des hôteliers. Mais une autre solidarité climatique existe qui, elle, est, comme on va le voir, vitale pour les Ivoiriens, Ghanéens, Togolais, Béninois et Nigériens, qui tirent des eaux du golfe de Guinée, sous forme de poissons, l'essentiel des protéines indispensables à l'équilibre alimentaire de leurs populations.

Un groupe de chercheurs français (1) animé par Jacques Merle, de l'Office de recherches scientifiques et techniques d'outre-mer (Orstom), vient en effet de montrer que la température des eaux du golfe africain dépend... de la force avec laquelle les vents alizés soufflent, en été, au large du Brésil. Première conséquence : de la température de la mer dépend la remontée des eaux froides du fond. Riches en sels minéraux, ces eaux froides favorisent la prolifération du plancton et, partant, celle du poisson qui s'en nourrit. Deuxième conséquence : la sécheresse du Sahel.

C'est en se fondant sur des mesures réalisées depuis 1911 par des millions d'officiers anonymes de la marine marchande, et aussi, ça va de soi, sur des campagnes océanographiques récentes, que l'équipe a pu démontrer la réalité de ce couplage à longue distance. Quand les alizés sont puissants au large du Brésil, la température de l'eau à la surface du golfe de Guinée est basse. En revanche, quand les vents faiblissent



UNE VUE DU GOLFE DE GUINÉE PRISE SATELLITE MÉTÉORO



LA FRONTIÈRE THERMIQUE ENTRE EAUX CHAUDES ET EAUX FROIDES SE DÉPLAÇANT SUIVANT L'ONDE DE KELVIN D'UN MÈTRE PAR SECONDE

anormalement dans l'Atlantique Ouest, l'eau se réchauffe au large de l'Afrique, le plancton disparaît et le poisson se fait rare.

Jacques Merle précise : « Entre la cause – l'affaiblissement de l'alizé – et l'effet – l'élévation de la température de la mer dans le golfe de Guinée – il se passe un délai d'un mois. » En enregistrant avec soin les forces et faiblesses du vent au large du Brésil, on peut donc, trente jours à l'avance, prévoir ce qui va se passer non seulement dans le golfe de Guinée, mais aussi dans les terres de l'Afrique de l'Ouest. « Car, reprend Jacques Merle, plus les eaux du

golfe sont chaudes, moins il pleut au Sahel. Et, inversement, plus les eaux sont froides, plus il pleut au Sahel. » Ce qui permet de penser que l'actuelle sécheresse africaine serait la conséquence d'une anomalie de longue durée du régime des alizés brésiliens.

On voit donc, au travers de ces travaux, l'esquisse d'une prévision des accidents climatiques. Elle viendrait relayer la prévision du temps, incapable,

1. Chercheurs de l'Orstom, du Muséum national d'histoire naturelle et du Laboratoire d'océanographie physique de Brest (CNRS).

selon toute vraisemblance, de dépasser ni même d'atteindre l'horizon d'un mois.

Les conséquences économiques et humaines d'un tel résultat seraient importantes. Exemple : si l'on parvenait à prévoir, un mois à l'avance et à une semaine près, l'arrivée de la saison des pluies au Sahel, cela permettrait aux paysans de semer à coup sûr. Or une erreur dans la date des semailles, c'est une véritable catastrophe dans ces régions écrasées par la sécheresse et pauvres en semences.

Pour les physiciens et les météorologistes, cette prévision des accidents climatiques passe par la connaissance des phénomènes marins et non plus par la seule observation de l'évolution des perturbations atmosphériques.

Explications de Jacques Merle :

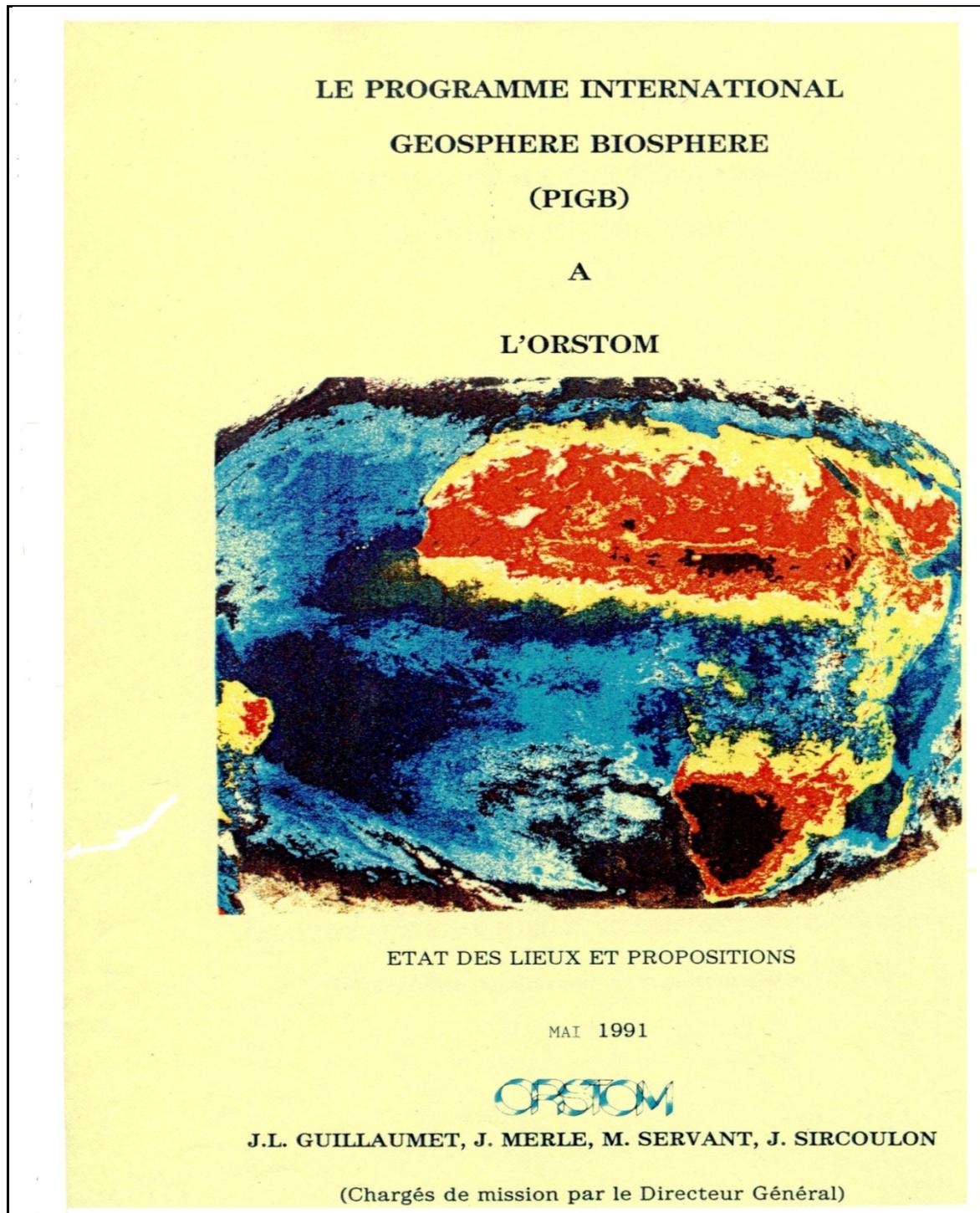
« L'océan est un fantastique accumulateur d'énergie solaire, car la capacité calorifique de l'eau est plus de mille fois supérieure à celle de l'atmosphère. » De plus, la « mémoire » de l'océan est infiniment plus importante que celle de l'atmosphère. Dans l'air, les perturbations ne vivent que deux ou trois semaines. Dans la mer, il faut des mois, des années, voire un millénaire, pour que la masse d'eau restitue à l'atmosphère l'énergie solaire qu'elle a accumulée. Si l'on ajoute que l'océan couvre plus de 70 % de la surface du globe, on comprend qu'il soit la cause essentielle des variations climatiques.

Reste à comprendre comment l'océan accumule l'énergie, comment il la transporte et comment il la restitue à son complice aérien. C'est bien le but que se fixent les vingt-cinq scientifiques de Focal (programme Français océan et climat de l'Atlantique équatorial), que coordonne Jacques Merle.

Dans le cas de la solidarité climatique Brésil-golfe de Guinée, l'énergie mise en jeu est celle du vent, elle-même due au soleil. C'est l'énergie du vent qui « lance » le phénomène en agitant la mer. Comment cette énergie, incorporée à l'océan, est-elle transportée jusqu'en Afrique ? De la surface au fond, la masse de l'Atlantique n'est pas homogène : vers le haut, des eaux chaudes ; vers le bas, des eaux froides. Ces deux volumes ne se mélangent pas. La frontière qui les sépare, c'est ce que les océanographes appellent « la convergence intertropicale ». Cette frontière thermique n'est pas horizontale. Très profonde vers le Brésil, elle remonte vers l'Afrique selon un plan incliné. Si bien que, dans le golfe de Guinée, elle est plus proche de la surface.

Quand souffle l'alizé au large du Brésil, cette frontière entre eaux chaudes et froides est perturbée et se met à onduler. L'onde se propage le long du plan incliné de la convergence à environ un mètre par seconde. Si bien que, un mois plus tard, elle arrive en vue de l'Afrique. La « vague », dénommée « onde de Kelvin », élève l'eau froide chargée de sels minéraux jusqu'à la surface du golfe de Guinée. C'est le phénomène que les Anglo-Saxons nomment « *up-welling* » et que l'on observe également au large de la Mauritanie comme du Pérou. Ici, il est le résultat d'une solidarité climatique transatlantique, alors qu'on le croyait le fruit d'une perturbation locale. ● ERWAN CAP

DOCUMENT 31 : Implication de l'ORSTOM dans les grands programmes sur l'environnement



CHAPITRE VIII

L'attraction de l'Université

Mes premiers contacts avec l'université – Au-delà de ma condition passée d'étudiant – datent de tout débuts de ma carrière dans les années 1962 - 63 lorsque j'étais assistant intérimaire en géophysique à l'université de *Montpellier*. Mes souvenirs déjà lointains des certificats de mathématiques appliquées que j'avais passés à *Clermont-Ferrand* furent suffisants pour que j'enseigne les rudiments du calcul intégral aux étudiants du DEA⁵⁵ d'hydrogéologie du département de géologie de la faculté des sciences de *Montpellier*. La culture mathématique des géologues était très sommaire à cette époque et il était nécessaire de donner à ces étudiants une idée concrète de concepts élémentaires comme les « fonctions intégrales » et la façon dont on pouvait en calculer quelques-unes, parmi les plus simples, pour les besoins de l'hydrogéologie. Je fus chargé de cet enseignement informel. Cette expérience fut pour moi l'occasion d'éprouver mes capacités de conférencier et me servit plus tard pour présenter les résultats scientifiques de mes travaux au cours des nombreux colloques, symposiums, conférences auxquels j'ai pu participer.

Par la suite, au cours de mes séjours à *Nouméa*, puis en *Afrique* et à *Brest*, je n'eus pas d'activités d'enseignement ni de relation avec une université jusqu'à mon affectation, à partir de 1983, à l'Université *Pierre et Marie Curie, Paris VI*, sur le campus de *Jussieu* où je fus à l'origine de la création d'une UMR entre cette université, le CNRS et l'ORSTOM, qui devint le LODYC évoqué abondamment dans ce qui précède chapitre V. Au cours de mon séjour au LODYC j'ai eu peu d'activité d'enseignement avec l'université si ce n'est

⁵⁵ Le Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) concluait le cursus d'enseignement du troisième cycle des Universités et pouvait se prolonger par une thèse dite « Thèse de troisième cycle »

deux années (1991 – 1992) où j’ai été chargé d’un cours sur le Rôle de l’océan dans le climat au DEA de *Géographie de l’environnement global* commun aux universités de *Paris Sorbonne (Paris IV)*, et *Panthéon Sorbonne (Paris I)* (Document 32).

Mais ma principale implication dans le monde universitaire tient à ma participation aux travaux de thèse de nombreux étudiants et à la préparation de ma propre thèse en 1985. J’évoquerai aussi un tournant manqué de ma carrière qui me conduisit à refuser le poste de professeur d’océanographie physique que l’Université de Bretagne Occidentale à *Brest* avait mis au concours et pour lequel j’avais été sélectionné en 1987. Enfin, à la fin des années 1990, et après mon second séjour dans le Pacifique à *Nouméa*, j’ai retrouvé le LODYC et l’université Paris VI où j’ai occupé les fonctions de directeur adjoint de cette UMR en même temps que j’ai été le responsable de deux Unités de Recherche successives à l’ORSTOM (Chapitre X).

Retour sur mes débuts à l’université *Paris VI*

J’ai déjà évoqué chapitre V les difficultés rencontrées dans mon affectation au laboratoire d’océanographie physique du *Muséum* pour piloter le programme FOCAL étroitement associé au programme américain SEQUAL. A partir de 1983, ce sont ces difficultés qui nous poussèrent, mon collègue *Yves Tourre* et moi, à chercher refuge au sein de l’université *Paris VI* pour assurer la coordination de ce programme FOCAL. Grâce au professeur *Claude Frankignoul*, chargé de l’enseignement de l’océanographie physique à *Paris VI*, qui utilisa son réseau de relations professorales, nous pûmes trouver des locaux près des siens dans cette université. Nous nous installâmes dans des bureaux abandonnés par une équipe du LPDA (*Laboratoire de Physique et Dynamique de l’Atmosphère*) dépendant du *service d’aéronomie* de *Verrière le Buisson* dirigé par le professeur *Jacques Blamont* par ailleurs directeur scientifique du CNES. Cette domiciliation provisoire de notre groupe au sein de l’université était sans signification concrète particulière quant à nos activités qui demeuraient principalement centrées sur l’animation du programme FOCAL. Mais la proximité de l’équipe de *Claude Frankignoul* ainsi que l’atmosphère assez stimulante de l’université⁵⁶ nous incita rapidement à envisager de

⁵⁶ la mieux classée plus tard parmi les universités françaises dans l’inventaire mondial des institutions scientifiques d’enseignement et de recherche répertoriées par les chinois de l’université de *Shanghai*.

regrouper ici, au cœur du quartier latin, une fraction importante des océanographes parisiens pour en faire un nouveau point de fixation fort de l'océanographie en *France* métropolitaine. Ce fut le point de départ de la création de l'UMR LODYC, déjà évoquée. Mais ce rapprochement avec l'université fut long et parfois difficile. On peut en retracer ici certaines péripéties déjà rapportées en partie chapitre V (pages 106 -109).

Tout commença avec la rencontre, par l'entremise de *Claude Frankignoul*, du professeur *Jacques Blamont*, qui nous offrit les locaux vacants dont il disposait sur le campus de *Jussieu*. *Jacques Blamont* ne tenta pas de garder pour lui ces bureaux dont il n'avait pas un usage immédiat, alors qu'ils constituaient un bien précieux dans cette université coincée au cœur de Paris où on se battait pour de rares et très chers mètres carrés. Mais, au contraire, il y vit l'opportunité d'étendre les compétences du LPDA à l'océanographie. Je lui exposai nos activités et il accepta que notre petit groupe ORSTOM, qui avait cependant la charge de coordonner un programme national en relation avec un programme étranger américain, s'installe dans ces bureaux en s'intégrant au LPDA, lequel aurait pu ainsi devenir le LPDAO : Laboratoire de Physique et de Dynamique de l'Atmosphère et de *l'Océan* en s'adjoignant le « O » d'océan. Cette option ne fut cependant pas retenue, mais, grâce à la hauteur de vue du professeur *Blamont* et à son souci de l'intérêt général, notre groupe fut maintenu dans ces locaux avec la perspective cette fois d'être rattaché au groupe de *Claude Frankignoul* pour étendre les domaines de compétences de l'université *Paris VI* aux régions tropicales en ce qui concernait l'océanographie physique. Il faut se souvenir que dans les années 1960 l'océanographie des régions tropicales était inexistante en *France* en dehors de ce qui était fait à l'ORSTOM et bien que le phénomène El Niño, nouvellement découvert dans le lointain *Pacifique*, commençait d'éveiller l'attention des media par son étrangeté et son rôle supposé dans le climat.

Les deux océanographes ORSTOM « aux pieds mouillés »⁵⁷, évoqués chapitre V, *Philippe Hisard* et *Christian Henin*, qui revenaient de FOCAL et du Pacifique après avoir observé en détail certains aspects du phénomène El Niño, se joignirent à notre groupe et s'installèrent dans ces bureaux pour travailler sur leurs observations et accessoirement y préparer leur thèse. Notre groupe au sein du LPDA et de l'université Paris VI fut ainsi pendant près de deux ans un lieu de passage des « tropicalistes » de l'ORSTOM qui progressivement échangèrent et interagirent avec les universitaires de *Claude Frankignoul* et les transfuges de

⁵⁷ C'est ainsi qu'on appelle familièrement les océanographes dont l'activité principale est tournée vers le recueil d'observations en mer à bord de navires océanographiques.

plus en plus nombreux du *Laboratoire d'Océanographie Physique* du *Muséum National d'Histoire Naturelle* voisin pour finir par réaliser cette UMR qui devint le LODYC. C'est au cours de cette période qu'au-delà de l'animation du programme FOCAL j'ai pu exprimer dans des publications les résultats de l'exploitation des données historiques de l'Atlantique tropical que j'avais réalisée à *Brest*. Ce travail de rédaction et ma présence physique au sein de l'université fut pour moi une incitation à envisager de présenter aussi une thèse, ultime grade universitaire que je n'avais pas encore inscrit sur la liste de mes priorités.

Ma thèse

J'ai relaté, toujours au chapitre V, quelques péripéties malheureuses de la cérémonie de soutenance de ma thèse. Je souhaite seulement ici évoquer son contenu scientifique, les idées exprimées et les rapports qui en ont été dressés par les membres du jury que j'avais sollicité. J'ai déjà souligné que je n'avais pas choisi la facilité en demandant au professeur de météorologie *Pierre Morel*, personnalité scientifique connue internationalement, fondateur de la météorologie dynamique en *France* et créateur du LMD (*Laboratoire de Météorologie Dynamique*) d'en assurer la direction et la présidence du jury de soutenance. *Pierre Morel* fut conforme à sa réputation et à sa méthode pour tester la solidité des candidats qui s'adressaient à lui pour subir l'épreuve de la soutenance. Trois jours avant la date proposée pour ma soutenance il me fit savoir au téléphone que celle-ci devrait être repoussée si je ne lui fournissais pas sur le champ des éclaircissements suffisamment convaincants concernant des erreurs qu'il avait décelées dans la formulation de certains développements mathématiques. Au cours d'un échange téléphonique très tendu je fus soumis à une batterie de questions sur ces calculs. Au bord de la panique je m'efforçais cependant d'y répondre correctement et je finis par franchir l'obstacle. C'était, me-dit-on plus tard, sa façon habituelle de procéder pour s'assurer que le candidat « thésitif » connaissait bien son sujet, était prêt à le défendre et à en débattre avec les membres du jury en répondant à leurs questions.

Ma thèse, intitulée : *Variabilité thermique basse fréquence de l'océan Atlantique tropical*, résumait les principaux résultats que j'avais obtenus dans l'étude des données historiques représentant, dans les années 1980, la meilleure image possible de la réalité des océans tropicaux en rassemblant l'ensemble des données qui avaient pu être récoltées depuis l'origine des observations

océanographiques. Ces travaux avaient déjà été publiés dans une vingtaine d'articles. C'était donc une thèse dite « sur publications » que j'ai soutenue le 21 septembre 1984. Le rôle de l'océan dans la variabilité du climat était encore presque inconnu à cette époque, notamment en ce qui concernait les océans tropicaux. A la suite de l'« école d'été » de 1978 en *Californie*, les « tropicalistes » commençaient à admettre que l'hypothèse d'une réponse à distance de l'océan à l'action du vent (*Remote forcing*) était crédible. Ce processus était susceptible d'expliquer El Niño dans le *Pacifique* et certains phénomènes semblables dans l'*Atlantique*. Il s'ensuivit néanmoins une controverse scientifique, évoquée aussi précédemment (chapitre IV, pages 11 - 12), entre les partisans du tout *remote forcing* et des plus sceptiques invoquant la possibilité d'autres processus.

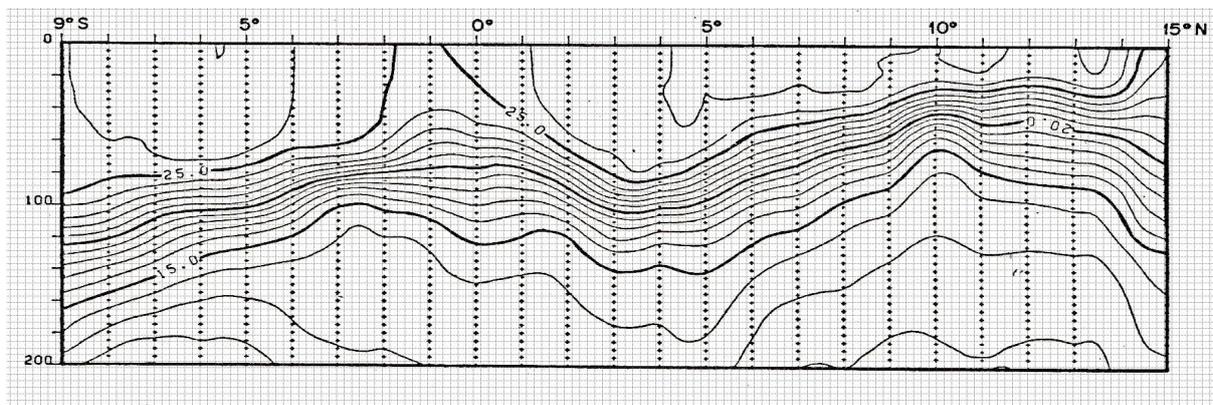


Figure 47 : Section méridienne de température entre la surface et 200 mètres de profondeur de 15°N à 9° S montrant la structure thermique en deux couches séparées par la thermocline

La phénoménologie de ce type d'événements qui affectaient l'ensemble des océans tropicaux, y compris l'océan Atlantique, n'avait cependant pas été prise en compte de façon globale. Il apparut rapidement que l'océan *Atlantique*, moins bien connu à l'époque et trois fois moins étendu que le *Pacifique*, mais couvert par une densité d'observations plus importante, était potentiellement le bassin océanique le plus susceptible d'apporter des réponses aux questions que l'on commençait à se poser concernant les caractéristiques thermiques de la réponse basse fréquence (saisonnière et interannuelle) des océans tropicaux à l'action de l'atmosphère. C'est ce que j'avais entrepris d'explorer dans mon étude des données historiques avant que ces questions ne soient traitées par les programmes FOCAL et SEQUAL abondamment décrit précédemment.

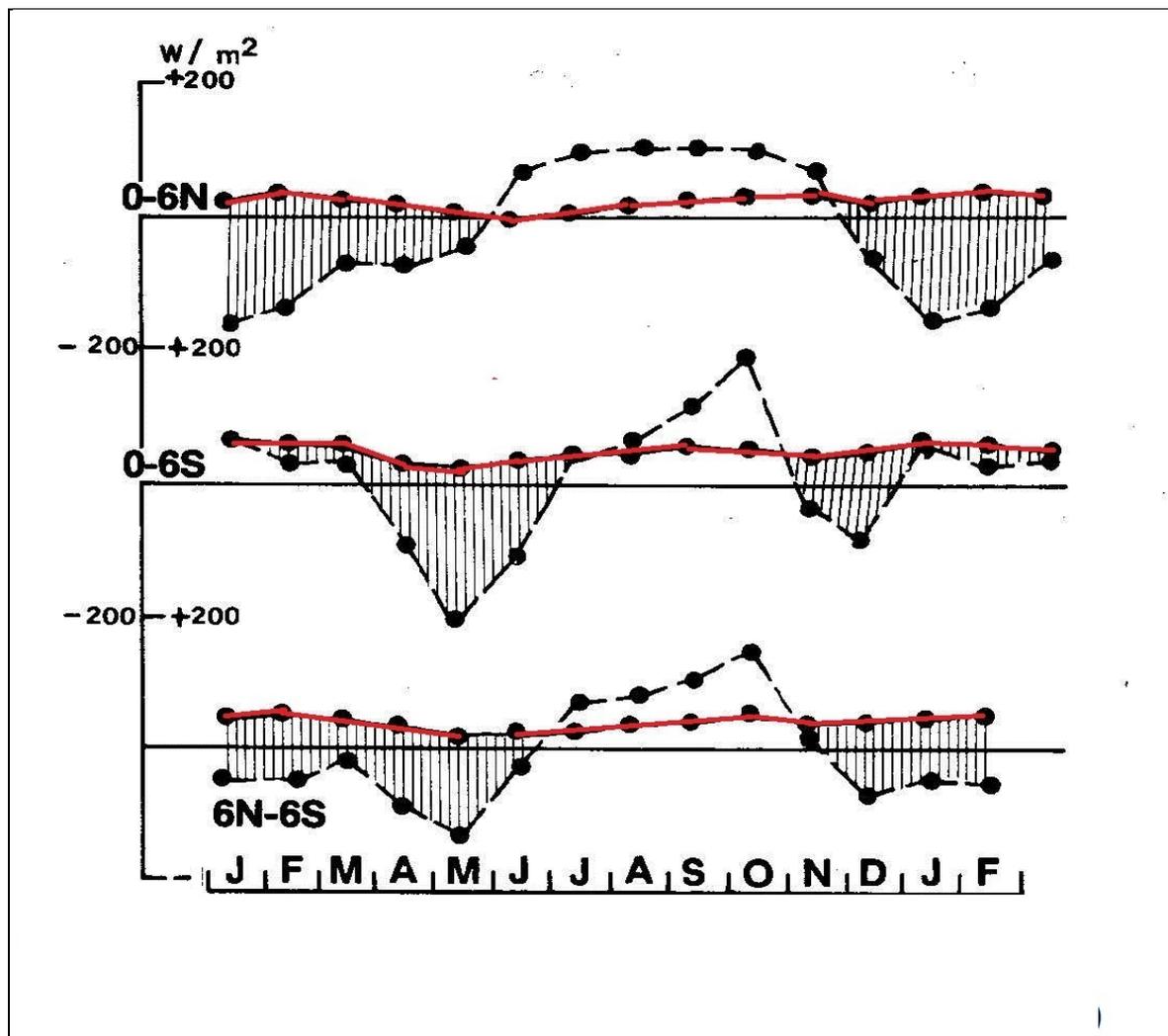


Figure 48 : Variation saisonnière du contenu thermique (entre 0 et 500 m) et du flux thermique traversant la surface (en rouge) à l'équateur. On remarque que les variations du contenu thermique ont une amplitude environ dix fois supérieures aux variations du flux à travers la surface.

Sans entrer dans trop de détails (voir chapitre IV – Paragraphe « L'escapade américaine »), cette analyse des données historiques, montrait que la thermocline, cette zone de transition thermique rapide (Fig. 47), pivotait saisonnièrement d'ouest en est sous l'effet du vent le long de l'ensemble du bassin océanique comme une plaque rigide déplaçant d'énormes quantités de chaleur du *Brésil* au *golfe de Guinée* et en sens inverse. Contrairement à ce que l'on savait des hautes latitudes, dans les tropiques les échanges thermiques directs entre l'atmosphère et l'océan à travers la surface expliquaient seulement le dixième du changement du contenu thermique local. Ce processus d'échange

direct local était donc du second ordre par rapport aux déplacements latéraux, principalement zonaux (est-ouest), des eaux chaudes, induit par l'action mécanique du vent. On possédait ainsi une clé plus pertinente pour expliquer certains aspects du phénomène El Niño en privilégiant le transport zonal équatorial au détriment de l'échange thermodynamique local à travers la surface (Fig. 48). C'est ce que montraient les articles que j'avais publiés à la suite de mes travaux et qui représentaient la substance scientifique de ma thèse.

Le jury, outre son président *Pierre Morel*, était composé du président de l'Université Paris VI : *Michel Garnier*, du professeur *Claude Frankignoul* et d'un théoricien français : *Bernard Saint Guilly*, ainsi que de deux collègues américains qui s'étaient appuyés sur mes résultats pour élaborer des concepts théoriques régissant la dynamique des océans tropicaux et leurs relations avec l'atmosphère. Il s'agissait de *George Philander* de l'université de *Princeton* déjà fréquemment évoqué ici et de *Mark Cane* du *MIT*. Leurs travaux s'étaient inspirés de mes résultats obtenus en traitant l'ensemble des observations passées.

Mark Cane (1983), avec un autre collègue *Edward Sarachik*, dans une série d'articles qui faisaient autorité à l'époque, avaient jeté les bases théoriques de la dynamique océanique équatoriale. A l'aide d'un modèle linéaire simple, forcé par des vents périodiques, ils avaient trouvé des solutions analytiques en remarquable accord avec mes observations, notamment en ce qui concerne l'oscillation saisonnière de la thermocline autour d'un point pivot situé au milieu de l'Atlantique vers 30 ° W (Chapitre IV, figure 28). Ce résultat conduisit *Marc Cane* à un commentaire très favorable formulé dans son rapport de thèse lors de la soutenance de mon travail : « *Merle's body of work provides the descriptive picture of the variability of the upper tropical Atlantic ocean. This problem has turned out to be crucial to the important questions of oceanic heat transports and of interactions between the global atmosphere and the tropical ocean. It is a tribute to Merle's scientific judgment that he chose this problem long before it became fashionable...* »⁵⁸.

Un peu à la même époque *George Philander* avec *Ron Pacanowski* du *GFDL* à *Princeton* avaient montré, grâce à un modèle plus sophistiqué, que la réponse de la thermocline équatoriale dépendait fondamentalement de la nature

⁵⁸ Traduction : « L'ensemble du travail de *Merle* repose sur une description de la variabilité des couches supérieures de l'océan Atlantique tropical. Ce problème est devenu crucial au regard de la très importante question du transport thermique océanique et de ses interactions entre l'atmosphère globale et l'océan tropical. Il faut créditer *Merle* d'un bon jugement scientifique pour avoir choisi de se consacrer à ce problème avant qu'il ne soit devenu à la mode.... »

périodique ou impulsienne du forçage du vent. *Philander* et *Pacanowski* montraient que le temps d'ajustement de l'océan tropical dépend de la fréquence du forçage du vent mais également de la taille du bassin. Pour un vent variant dans les hautes fréquences et un bassin de 5 000 kilomètres d'étendue zonale (est-ouest), la réponse de l'océan s'effectue sous forme d'un « jet » de nature impulsienne avec génération d'ondes qui se propagent en étant guidées par l'équateur. Au contraire pour un vent variant dans les basses fréquences, supérieure à 150 jours, on approche graduellement d'une réponse de l'océan en équilibre avec le forçage ; le changement de vent est si graduel que l'océan s'ajuste immédiatement à chaque instant aux nouvelles conditions de vent ; il n'y a plus génération d'ondes. C'est ce qui se passe généralement dans l'Atlantique où les vents sont plus réguliers que ceux du Pacifique qui présentent une variabilité à toutes fréquences, notamment interannuelle, importante. Ainsi la réponse principalement saisonnière de l'Atlantique comparée à celle du Pacifique n'est pas due à sa plus petite taille dans le sens zonal mais à la plus grande régularité du vent. Les observations du programme français FOCAL, que je coordonnais, ont confirmé cette théorie de *Philander* ; c'est ce qui l'a conduit à écrire dans son rapport : « *The rapid progress in tropical oceanography over the past decade is in no small measure attributable to the contributions of Jacques Merle. When theoreticians started to study the variability of the tropical oceans in the early 1970's, they were motivated, in part, by the fascinating measurements made by Merle and his ORSTOM colleagues, of seasonal changes in the currents and thermal fields of the tropical Atlantic and western Pacific oceans. Subsequently, Merle organized and participated in measurements programs that attempted to test some of the results of the models. These results concerned the remote effect of wind forcing in the equatorial wave-guide, and the equilibrium response of the tropical Atlantic ocean to the seasonally varying winds...* »⁵⁹

Les deux autres rapporteurs, français, formulèrent aussi des jugements très positifs sur mon travail. Je ne me plaindrai pas du commentaire de *Pierre Morel*, dont je rapporte ici un cours extrait, considéré par beaucoup comme

⁵⁹ Traduction : « Les progrès rapides de l'océanographie tropicale au cours de la décade passée ne sont pas pour peu attribuables à la contribution de *Jacques Merle*. Lorsque les théoriciens ont commencé à étudier la variabilité des océans tropicaux dans les années 1970 ils furent motivés en partie par les observations fascinantes faites par *Merle* et ses collègues de l'ORSTOM décrivant les variations saisonnières des courants et des champs thermiques de l'Atlantique tropical et du Pacifique occidental. Par la suite *Merle* organisa et participa à des programmes d'observations destinés à tester certains résultats de modèles. Ces résultats concernaient l'influence à distance du forçage du vent sur le guide d'onde équatoriale et la réponse en équilibre de l'océan Atlantique tropical à des vents variant saisonnièrement.... »

exceptionnellement favorable ! : « ... les résultats ainsi mis en évidence par Merle sont justement cités, par la communauté océanographique internationale, comme la base des interprétations théoriques modernes des phénomènes d'intérêt climatique ... ». De même le professeur Claude Frankignoul me gratifia d'une appréciation très flatteuse : « ... Merle est l'un des pionniers de l'analyse des « données historiques » qui ont très largement contribué à accroître la connaissance des océans tropicaux et de leur rôle dans la variabilité climatique. En outre, l'analyse magistrale de ces données et leur interprétation ont fait de Merle l'un des océanographes français les plus respectés dans la communauté internationale... ».

Tous ces commentaires, trop élogieux, cependant assez courants et banals pour couronner le travail d'un « vieux » chercheur bénéficiaient ainsi d'un soutien un brin corporatiste de la part de ses pairs !

Mais mes rapports avec l'université et ses docteurs ne se limitèrent pas à mon cas personnel. Étant devenu *Docteur ès Sciences* (Document 33) je pouvais encadrer, diriger et juger des travaux, qui deviendraient les thèses, de plusieurs étudiants avec qui j'ai travaillé et dont certains sont devenus des collègues. Ce fut un aspect important de mes activités d'enseignant-chercheur auprès de l'université dont je rends compte brièvement dans ce qui suit.

Encadrements de thèses

La thèse en sciences, à la différence des thèses de médecine, couronne un vrai travail de recherche qui se traduit par la délivrance de l'ultime grade décerné par l'université, le doctorat. Néanmoins le concept a évolué au cours des quarante dernières années. Pendant longtemps il n'y avait qu'une thèse généraliste, appelée *thèse d'état*, qui attribuait un titre de *docteur ès sciences* physiques, mathématiques, chimiques...etc. Une réforme parmi toutes celles qui agitèrent l'enseignement supérieur autour des années 1960, institua le troisième cycle universitaire qui pouvait s'achever par une *thèse de troisième cycle* tout en conservant un temps le *Doctorat ès Sciences* généraliste, la fameuse *thèse d'état*, indispensable pour la sélection des candidats à des postes d'enseignants à l'université. Mais la thèse de troisième cycle tomba en désuétude et une *nouvelle thèse* individualisée par université, qui devint une *thèse d'université*, fut instituée dans les années 1990. Elle sanctionnait toujours un travail de recherche

original dans le prolongement d'un DEA relevant du troisième cycle universitaire. J'ai contribué à l'encadrement de ces différentes catégories de thèse à différents titres : Directeur de thèse, président de jury de thèse, rapporteur, ou plus modestement examinateur membre du jury. J'ai ainsi été impliqué dans une vingtaine de thèse que j'évoquerai brièvement en insistant seulement sur les directions de thèse que j'ai assurées et qui occupent une place particulière dans mon cursus universitaire scientifique à la charnière de l'enseignement et de la recherche.

Un groupe de recherche, un chercheur, ou un enseignant proposent des sujets de thèse possibles aux étudiants sortant de la première année du DEA. Le nombre de sujets de thèses offerts à ces étudiants « thésards » potentiels est limité par le nombre de bourses accordées à l'unité de recherche ; mais ces doctorants ont un rôle important dans les unités de recherche car ils représentent une main d'œuvre scientifique presque indispensable à l'avancée du travail de recherche. De ce fait ces étudiants de thèse sont totalement intégrés dans le groupe ou l'unité de recherche et constituent souvent le seul personnel engagé à 100 % dans le travail de recherche, à la différence des chercheurs statutaires souvent « dissipés » par de multiples tâches administratives et de gestion couramment stigmatisée sous le terme de « bureaucratie » ! J'ai donc dirigé des thèses, puis travaillé avec plusieurs étudiants dont certains sont devenus des collègues après avoir été recrutés dans un organisme de recherche.

Mon premier étudiant était une étudiante :

Sabine Arnault, à laquelle j'ai proposé en 1981 de travailler sur les données historiques de l'Atlantique tropical. Elle a soutenu une thèse de troisième cycle en 1984 sur le sujet : *Variation saisonnières de la topographie dynamique et de la circulation supérieure de l'océan Atlantique tropical* à partir de laquelle nous avons publié un article en commun qui résume son travail (Document 34). Elle a alors été recrutée à l'ORSTOM et est devenue ma principale collaboratrice durant de nombreuses années, notamment pour les projets spatiaux TOPEX et POSEIDON pour lesquels une proposition de recherche de notre part fut acceptée (Chapitre VI, Fig. 42). Elle a poursuivi magistralement l'étude de la dynamique des océans tropicaux vue de l'espace, après que je me sois tourné vers d'autres activités.

Thierry Delcroix est un autre thésard de troisième cycle, recruté aussi par l'ORSTOM dont j'ai dirigé la thèse sur le sujet : *Variations saisonnières de la profondeur de la thermocline dans l'océan Atlantique tropical : rôle des alizés*,

soutenue en 1985 et avec qui j'ai également travaillé ensuite sur les observations de l'Atlantique tropical.

Yves Kilfen, dont j'ai aussi dirigé le travail en collaboration avec *Yves Tourre* a présenté en 1985 une thèse de troisième cycle sur le sujet : *Variations interannuelles de l'atmosphère Atlantique tropical et interaction avec l'océan*.

A partir de 1990 j'ai dirigé des *thèses d'université* ou *nouvelles thèses* pour le compte de l'université *Pierre et Marie Curie* (Paris VI).

Chen Si, mon étudiant chinois, échappé de la place *Tian'anmen* en 1989, passa sa thèse en 1991 sur le sujet : *Transport de chaleur et de masse dans l'Atlantique tropical*.

Bernard Bourles travailla sur l'assimilation des données dans un modèle linéaire simple et passa sa thèse en 1990 sur le sujet : *Assimilation des données de hauteur dynamique dans un modèle linéaire appliqué à l'océan Atlantique tropical* et fut recruté par l'ORSTOM.

Lionnel Gourdeau s'investit dans l'assimilation des données dans les modèles et en 1991 présenta sa thèse sur : *Application du filtre de Kalman à l'assimilation de données altimétriques dans un modèle linéaire de l'océan Atlantique tropical* et rejoignit aussi l'ORSTOM.

Jean Marc Verstraete, déjà chercheur ORSTOM depuis près de 20 ans a présenté une thèse d'université sur publications intitulée : *Les upwellings saisonniers dans le Golfe de Guinée*.

Je signale aussi, au chapitre des *thèses d'État* dont j'ai été rapporteur celles de : **Jacques Servain** en 1985 : *Variations interannuelles en Atlantique* ; **Chantal Andrié** en 1987 : *Utilisation des traceurs Hélium 3 et tritium en océanographie* ; **Philippe Hisard** et **Christian Henin**, vieux compagnons de croisières du *Pacifique* et de *Nouméa*, ont pu préparer une « vieille thèse d'état » que j'ai eu le plaisir de rapporter lors de leur soutenance au tout début de notre accueil au LPDA en 1984. La thèse de **Philippe Hisard** était intitulée : *État moyen et variabilité des courants équatoriaux et des structures thermiques associées dans l'océan Pacifique et l'océan Atlantique*. La thèse de **Christian Henin** était intitulée : *Contribution à l'étude de la climatologie des contre-courants équatoriaux superficiels des océans Atlantiques et Pacifique*.

J'ai également été rapporteur des *thèses d'université de Paris VI* de : **Kristofer Doos** en 1989 pour *Etude numérique de la variabilité saisonnière de*

1982 à 1984 dans l'Atlantique tropical ; **Jean Yves Simonot** en 1988 pour *Contribution à l'étude des interactions océan-atmosphère* ; **Yves Gouriou** en 1990 pour *Etude de la circulation de subsurface dans l'Atlantique équatorial de 1982 à 1984* ; **Pascale Braconnot** en 1992 pour : *Validation objective de modèles d'océan tropical à l'aide des données FOCAL/SEQUAL* ; **Jérôme Benveniste** en 1989 pour *Observer la circulation des océans à grande échelle par altimétrie satellitaire* ; **Laurence Crosnier** en 1998 pour : *Variation saisonnière du transport de chaleur océanique méridien dans l'Atlantique* ; **Rolande Tournier** en 1989 pour : *Variabilité de la structure thermique et des courants à l'ouest et au centre de l'océan Pacifique tropical de 1979 à 1985*.

Enfin j'ai été membre du jury de thèse de : **Daniel Jourdan** en 1990 pour *Observation des structures océaniques par altimétrie satellitaire* ; **Christine Duchêne** en 1989 pour : *Test statistiques de la validité des modèles océaniques équatoriaux à l'aide d'observations* ; **Françoise Brossier**, maître de conférence à l'université de Rennes qui a présentée une thèse d'état en mathématiques en 1985 : *Analyse numérique de problèmes de type Stokes ou Navier-Stokes intervenant en modélisation de phénomènes océanographiques*.

Au total j'ai été impliqué dans près d'une vingtaine de thèses au titre de directeur, président de jury, rapporteur, ou simple examinateur. Le travail d'exhumation des données historiques auquel je m'étais consacré et les données plus récentes du programme FOCAL ont fourni la matière première de la majorité de ces travaux couronnés par des thèses soutenues principalement à l'université *Pierre et Marie Curie (Paris VI)*.

Le refus du poste de professeur à Brest

Je connaissais bien le LOP (*Laboratoire d'Océanographie Physique*) de l'UBO (*Université de Bretagne Occidentale*), où j'avais travaillé avec le professeur *Jean Le Floch* au cours de mon séjour à *Brest* au COB dans les années 1970. Ce laboratoire, avec son enseignement d'océanographie physique, était, à l'époque, à *Brest*, l'un des principaux pôles universitaires consacrés aux sciences physiques de la mer en *France*, avec *Paris* (LODYC) et *Grenoble* (Laboratoire d'océanographie de l'Institut de mécanique de Grenoble) plutôt orienté vers l'hydrodynamique et la marée. Autour de l'UBO la présence du CNEXO et de la Marine Nationale avec le SHOM (*Service Hydrographique et*

Océanographique de la Marine) faisait de *Brest* un rassemblement de compétences en océanographie unique en *France*. Mais depuis la disparition du professeur *Le Floc'h* en 1984, ce pôle universitaire était orphelin et l'enseignement demeurait le maillon faible de ce rassemblement d'océanographes brestois. Aussi après quelques années de vacance, l'université décida, en 1987, de mettre au concours un poste de professeur d'océanographie physique. Un premier candidat potentiel, *Christian Le Provost*, a été approché, mais il s'est désisté, plus attiré par l'environnement du CNES à *Toulouse* et les perspectives de développement d'un pôle de recherche océanographiques centré sur les observations spatiales. Ce projet se concrétisa d'ailleurs rapidement par la création d'une UMR, entre l'Université *Paul Sabatier* de *Toulouse*, le CNES, le CNRS et l'ORSTOM pour devenir le LEGOS (*Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales*) dont *Christian Le Provost* prit la direction. Devant ce refus de *Christian Le Provost*, des collègues brestois me poussèrent alors à poser ma candidature avec le projet de construire à *Brest*, comme on l'avait fait avec le LODYC à *Paris*, une UMR qui associerait, autour de l'UBO, le CNEXO, le CNRS, le SHOM et éventuellement l'ORSTOM. Je posai donc ma candidature au poste de Professeur d'océanographie physique, et je fus sélectionné au printemps 1987.

Au cours de l'été qui suivit je fus convoqué par le président de l'université qui, pensant que j'accepterais immédiatement le poste, souhaitait m'informer rapidement des formalités administratives à remplir pour entrer en fonction à la prochaine rentrée scolaire d'octobre et signer mon contrat d'engagement à l'université. C'est alors, que sous la forme polie d'une question, il m'annonça la corvée à laquelle chaque nouveau professeur était tenu de s'astreindre en se chargeant d'un enseignement de premier cycle : *Vous me ferez bien un cours de mécanique quantique en premier cycle ?* Cette petite phrase d'apparence anodine déclencha en moi une inquiétude proche de la panique que j'eus du mal à dissimuler. Je ne répondis pas, mais, mû par un réflexe de défense instinctif, je demandai au président, dans l'instant, de m'accorder un délai de réflexion supplémentaire de 3 - 4 jours avant de signer mon engagement dans le corps des professeurs d'université. Par politesse j'invoquai une consultation familiale sur cette nouvelle orientation professionnelle. Je m'engageai cependant à lui donner une réponse définitive sous 4 jours. Je passai un Week-End très tendu où le peu que je pouvais connaître de la physique quantique et de ses concepts d'indétermination me torturèrent sans répit. L'incertitude existentielle du « chat de *Schrödinger* », à la

fois vivant et mort dans sa boîte, m'inquiétait beaucoup⁶⁰ ! Je dû rapidement admettre que bien que docteur ès Sciences Physiques j'étais incompetent dans beaucoup de domaines de la physique, particulièrement dans celui de la physique quantique. Et acquérir une compétence minimale dans cette science qui heurtait autant le sens commun et presque inconnue pour moi exigeait un énorme effort de préparation qui m'éloignerait beaucoup des solidités des sciences de la Terre et de l'océanographie.

Par ailleurs des intérêts de carrière entraient en jeu. Il était notamment exigé que je démissionne du corps de l'ORSTOM et que j'abandonne le statut de chercheur pour entrer dans celui des professeurs d'université. J'ai alors été amené à comparer la liberté du chercheur face à la carrière professorale, certes plus visible et prestigieuse, mais sédentarisée par la contrainte de l'enseignement. Ces activités professorales contrastaient aussi avec la dimension humaine toute particulière de la carrière de chercheur ORSTOM tournée vers le terrain tropical et les pays en développement. Je n'avais certes pas un passé très riche dans le domaine de la coopération avec le Sud, et après 25 ans passés aux frontières de mon organisme, j'étais plus familier des instituts de recherche métropolitains, tels que le CNRS, le CNEXO/IFREMER, et les universités, que des missions de mon institut axé sur l'aide au développement par la recherche. Mais c'est au moment de quitter définitivement ces attaches que je découvris les dimensions et la richesse de ces missions. Les relations avec le Sud et le défi de la dualité contraire environnement-développement dans ces pays en devenir prit soudain un relief particulier pour moi, confortant l'idée que je me faisais de l'avenir de nos sociétés ; je trouvais plus riche et humainement plus prometteur la recherche tournée vers le développement comparée à une carrière universitaire hexagonale un peu figée ; et, soyons clair, beaucoup plus contraignante aussi par les charges d'enseignement à assumer. Je décidai donc de rester à l'ORSTOM. A l'issue de mon douloureux Week-End de réflexions, j'ai annoncé au président de l'UBO mon refus d'occuper le poste de professeur d'océanographie physique ouvert dans son université.

Deuxième retour à « Paris VI »

⁶⁰ Le « chat de *Schrödinger* » fait écho à une célèbre expérience de pensée imaginée en 1935 par le physicien *Erwin Schrödinger* pour mettre en évidence les paradoxes de l'incertitude fondamentale associés à la théorie quantique qui stipule qu'il existe des « états superposés » de la matière et que seule l'observation permet de déterminer un de ces états et ainsi de le « fixer ».

Le deuxième temps de mes relations avec l'université Paris VI couvre la période s'étendant de 1997 à 1999 lorsque, revenu d'une affectation de quatre ans à Nouméa comme délégué du Pacifique (voir chapitre IX), j'ai réintégré le LODYC pour en devenir son directeur adjoint tout en étant à mi-temps directeur d'une unité de recherche de l'ORSTOM. Avec deux lieux de travail et deux bureaux, comme assis entre deux chaises, cette situation était assez inconfortable. Le directeur du LODYC, *Philippe Courtier*, était un polytechnicien météorologue qui s'initiait à l'océanographie en prenant la direction d'une des principales Unités de Recherche du domaine. Sa préoccupation principale était de mettre un peu d'ordre parmi les équipes, assez turbulentes, concentrées dans ce rassemblement d'une centaine de scientifiques, enseignants, chercheurs, ingénieurs et techniciens. Bien que principalement accaparé par mes activités de responsable d'une Unité de Recherche ORSTOM, je tentais, par ma connaissance des personnes et l'histoire de ce laboratoire, d'aplanir les conflits qui s'exprimaient principalement au sein des réunions du *conseil de laboratoire*, instance de gestion scientifique d'une dizaine de personnes mi-élues mi-nommées. A la demande du cabinet du président de l'université *Paris VI* j'ai réalisé un dossier *océan et climat* (Chapitre X - Document 39) qui résume les principales composantes de la problématique scientifique générale du LODYC que j'avais contribué à créer en 1984, il y avait déjà presque quinze ans (Chapitre V et X).

En 1999 le changement de direction de l'ORSTOM marqué par l'arrivée d'un nouveau président, *Philippe Lazar*, et la mise en chantier d'une importante réforme de l'office me conduisirent à quitter définitivement mes responsabilités au sein du LODYC. C'en était terminé de mes relations avec les universités, j'étais maintenant invité à me consacrer à plein temps à l'évolution de l'ORSTOM vers de nouvelles structures accompagnant sa nouvelle appellation d'IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*). Mais entre temps des fonctions représentatives m'avaient amené à passer une année (1993- 1994) à *Genève* au sein de l'OMM et quatre années en *Nouvelle Calédonie*, (1994 à 1997), dans des fonctions représentatives présentées dans le chapitre qui suit.

UNIVERSITE DE PARIS-SORBONNE (PARIS IV)
UNIVERSITE PANTHEON-SORBONNE (PARIS I) - MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
ET LA COLLABORATION DE METEO FRANCE

D.E.A. GEOGRAPHIE DE L'ENVIRONNEMENT GLOBAL

1991-1992

L'enseignement doctoral vise à donner une formation et une information de haut niveau relatives aux problèmes, aux recherches et aux programmes traitant de l'ensemble des phénomènes externes à l'échelle de la planète (conditions naturelles et influences humaines), hors des clivages entre les disciplines. Il se propose de former des spécialistes des milieux et des changements planétaires.

INTERVENANTS

C. BOUSQUET-BRESSOLIER (ENS Montrouge), F. CARRE (Univ. Lille I), J. DARCHEN (Météo France), G. DHONNEUR (Météo France), L. DORIZE (Univ. Paris IV), G. ESCOURROU (Univ. Paris IV), A. FOUCAULT (Muséum), J.C. HUREAU (Muséum), R. LETOLLE (Univ. Paris VI), **J. MERLE (ORSTOM)**, M. MEYBECK (Univ. Paris VI), R. MUSSOT (Univ. Paris I), A. PERSON (Univ. Paris VI), J.P. PEULVAST (Univ. Paris IV), P.A. PIRAZZOLI (CNRS), H. REGNAULD (Univ. Rennes II), M. SERVANT (ORSTOM), S. SERVANT (ORSTOM-Muséum), M. TABEAUD (Univ. Paris I), Y.F. THOMAS (ENS Montrouge), J.R. VANNEY (Univ. Paris IV), C. VERGNAUD-GRAZZINI (CNRS).

STAGES DE RECHERCHE

Ils seront organisés dans divers laboratoires et organismes, notamment Météo France, Laboratoire de Géodynamique sous-marine (Villefranche-sur-mer), Laboratoire d'énergie solaire (Evry).

DOCUMENT 33 : Mon diplôme de « Docteur ès Sciences »

**UNIVERSITE
PIERRE ET MARIE CURIE**
- PARIS 6 -
4 Place Jussieu 75230 PARIS CEDEX 05

SERVICE DE LA SCOLARITE
Bureau des Enseignements du 3e Cycle
Bât. C - 11 Quai St. Bernard Paris 6e
Tél. : 336-25-25 - 329-12-21

ATTESTATION DE DIPLOME

Le Secrétaire Général de l'Université PIERRE & MARIE CURIE
certifie que M. Monsieur MERLE Jacques
né le 13 JANVIER 1937 à LUZILLAT Puy de Dôme
a soutenu avec succès le 21 SEPTEMBRE 1984 une thèse ayant pour sujet :
VARIABILITE THERMIQUE BASSE FREQUENCE DE L'OCEAN ATLANTIQUE TROPICAL.

et a été déclaré digne du GRADE
de DOCTEUR ES SCIENCES PHYSIQUES
avec la mention TRES HONORABLE

Paris, le 2 OCTOBRE 1984

Pour le Secrétaire Général
et par autorisation spéciale
Le Conseiller Administratif
chargé des Services de Scolarité.

M. GIULIANI



Signature de l'impétrant

N.B. Il n'est délivré qu'une seule attestation : le candidat devra faire établir les photocopies ou copies conformes qui pourraient lui être nécessaires, certifiées par des autorités compétentes.
CETTE ATTESTATION TIENT LIEU DE DIPLOME JUSQU'A LA DELIVRANCE DE CE DERNIER.

56.36 C. 83.04 2

Journal of Marine Research, 43, 267–288, 1985

Journal of MARINE RESEARCH

Volume 43, Number 2

Seasonal variability of the surface dynamic topography in the tropical Atlantic Ocean

by Jacques Merle¹ and Sabine Arnault²

ABSTRACT

The seasonal changes of the surface dynamic topography are studied using a merged data set including MBT, XBT and Nansen observations, collected in the 20S–30N tropical Atlantic until 1978. Two regions of maximum seasonal variability appear. One lies north of the equator extending zonally approximately under the mean position of the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ). The second one is found in the eastern equatorial region (Gulf of Guinea). The two regions vary out of phase and are separated by a pivot point around 25W in the equatorial plane. Another near 180° phase change is observed at the northern edge of the region of maximum seasonal variability north of the equator. These amplitude and phase changes in the surface dynamic topography are related to a double seasonal tilt of the thermocline recently simulated by several two-layer and multilayer models. The seasonal variability of the geostrophic part of the North Equatorial Countercurrent (NECC) and of the South Equatorial Current (SEC) is related to these near-equatorial areas of large seasonal dynamic height variability. Their seasonal variations are almost in phase and are found to be maximum in the northern summer season (July–October) and near zero or reversed in the northern winter-spring season (February–May). The seasonal variability of the surface dynamic topography of the tropical Atlantic appears to be in relation to two phenomena: (i) a northern equatorial oceanic response due to the local effect of the seasonal migration of the ITCZ associated to the wind stress change; (ii) an equatorial eastern oceanic response possibly due to the remote effect of this wind stress change and the associated local thermodynamic effects.

1. Introduction

The surface dynamic topography of the tropical oceans is one of the parameters that best describe the response of the ocean to the atmospheric forcing. The tropical oceans

1. LPDA/ORSTOM, Université Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05, France.
2. LOP/MUSEUM, 43 rue Cuvier, 75005 Paris, France.

CHAPITRE IX

De Genève à Nouméa : Escapades représentatives

Je connaissais depuis longtemps les organisations internationales du domaine des sciences de la Terre, incluant l'océanographie, pour avoir eu très tôt dans ma carrière des activités en relation avec le contexte intergouvernemental. C'était à l'occasion de GATE, cette grande campagne météo-océanique qui se tint au large de *Dakar* en 1974 (Chapitre IV). Mon implication dans GATE fut pour moi une véritable initiation et la découverte d'un monde scientifique presque à l'opposé de celui que j'avais pu connaître jusqu'ici dans la solitude de certaines affectations comme celle subie à *Pointe Noire* au Congo. J'ai déjà présenté chapitre VI ces organisations internationales, qu'elles soient purement océanographiques comme la COI-IOC, le SCOR et le CCCO, ou relevant des domaines scientifiques connexes comme l'OMM pour la météorologie, la plus ancienne et certainement la plus importante pour la question climatique, mais aussi le PNUE-UNEP et le PIGB (*Programme International Géosphère Biosphère*) IGBP en anglais. Mais jusqu'ici, mes relations avec ces dispositifs intergouvernementaux avaient été seulement extérieures, en ce sens qu'en ma qualité de scientifique j'avais été dans une situation de client de ces entreprises de coordination intergouvernementale pour construire et gérer, avec d'autres scientifiques étrangers, des programmes communs.

Mais je n'avais encore jamais pénétré l'intérieur de ces machineries complexes comme pouvait le faire un fonctionnaire international chargé de la mise en œuvre de ces dispositifs. L'occasion me fut donnée de servir pour un temps dans une de ces organisations : le GCOS (*Global Climate Observing System*), créé en 1991 sous les auspices de l'OMM-WMO, la COI-IOC, le PNUE-UNEP et le CIUS-ICSU. Ensuite j'ai prolongé cette expérience en

acceptant une offre de la direction de l'ORSTOM, de devenir son représentant auprès des pays du Pacifique Sud et de leurs organisations régionales locales dédiées à la recherche dans les domaines de l'environnement et du développement. Ces voyages à l'intérieur des instances de gestion intergouvernementales de la recherche sur des sujets aussi brûlants que ceux du climat et de l'environnement m'ont permis d'explorer d'autres dimensions, notamment socio-économiques, culturelles, géopolitiques, et humaines des questions auxquelles en qualité de scientifique j'étais confronté. C'est le vécu de ces expériences relevant de la coordination internationale et de la représentation nationale dans ces instances que je souhaite traduire ici.

Brève intrusion dans la bureaucratie internationale (1992 – 1993)

Mes activités au sein du GCOS étaient destinées à structurer une organisation internationale dédiée à l'observation continue de différents paramètres caractérisant le climat et son évolution. Dans le domaine du climat les organisations internationales devant coordonner la recherche et les observatoires sont complexes car elles résultent d'initiatives venant d'horizons divers, étalés dans le temps, qui se sont empilées les unes sur les autres. Les simplifications, les regroupements ou les disparitions qui s'imposaient au fil du temps n'ont pas toujours été pris en compte. D'autre part, dans de nombreux pays les observations sont étroitement imbriquées dans les activités de recherche ; et les observatoires dépendent souvent structurellement et financièrement des organismes de recherche. Il est donc parfois difficile de distinguer ce qui relève strictement de la recherche de ce qui est seulement de l'observation systématique réalisé dans des observatoires. Au plan international de nombreuses passerelles et comités plus ou moins communs lient ces deux catégories d'activités renforçant encore cette impression de complexité.

Les deux principaux milieux impliqués dans le climat, l'atmosphère et l'océan, sont pris en charge au sommet par deux agences des Nations Unies ; l'OMM-*WMO*, qui a un statut d'*agence technique* de l'ONU pour les questions impliquant l'atmosphère, et la COI-*IOC*, dépendant de l'UNESCO, pour celles impliquant l'océan. Au fil du temps ces deux instances, généralement associées avec d'autres agences des Nations Unies comme le PNUE-*UNEP* ou des

organismes non gouvernementaux comme le CIUS-ICSU, se sont dotées de dispositifs spécifiques pour l'observation systématique des deux milieux dont elles étaient chargées. L'OMM avait été pionnière dans l'observation de l'atmosphère, devant fournir aux services météorologiques nationaux les données dont ils avaient besoin pour assurer la prévision quotidienne du temps. La VMM (*Veille Météorologique Mondiale*), plus connue sous son acronyme anglais : WWW (*World Weather Watch*), est issu de ce besoin et fut créée dès 1963. Plus tardivement en 1992 la COI créa le GOOS répondant à une recommandation de la fameuse CNUED (*Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement*) qui se tint à Rio en 1992. GOOS était organisé en quatre modules : les zones côtières, les ressources marines vivantes, les services océaniques, et le climat (Fig. 49).

Mais avec l'émergence de la question climatique, les observatoires des milieux impliqués dans la dynamique du climat et le réchauffement anthropique ont pris soudain une grande importance pour faire le diagnostic permanent le plus précis possible des changements en cours. C'est dans ce contexte que le GCOS a été mis sur pied en 1991 par quatre instances intergouvernementales : OMM, COI, PNUE et CIUS pour prendre en charge les observatoires des milieux impliqués dans la variabilité du climat. GCOS s'appliquait aux quatre milieux constitutifs du climat : Atmosphère, continents, cryosphère, et océan. Le module climat de GOOS était confondu avec le domaine océan de GCOS individualisant une entité commune *océan – climat*.

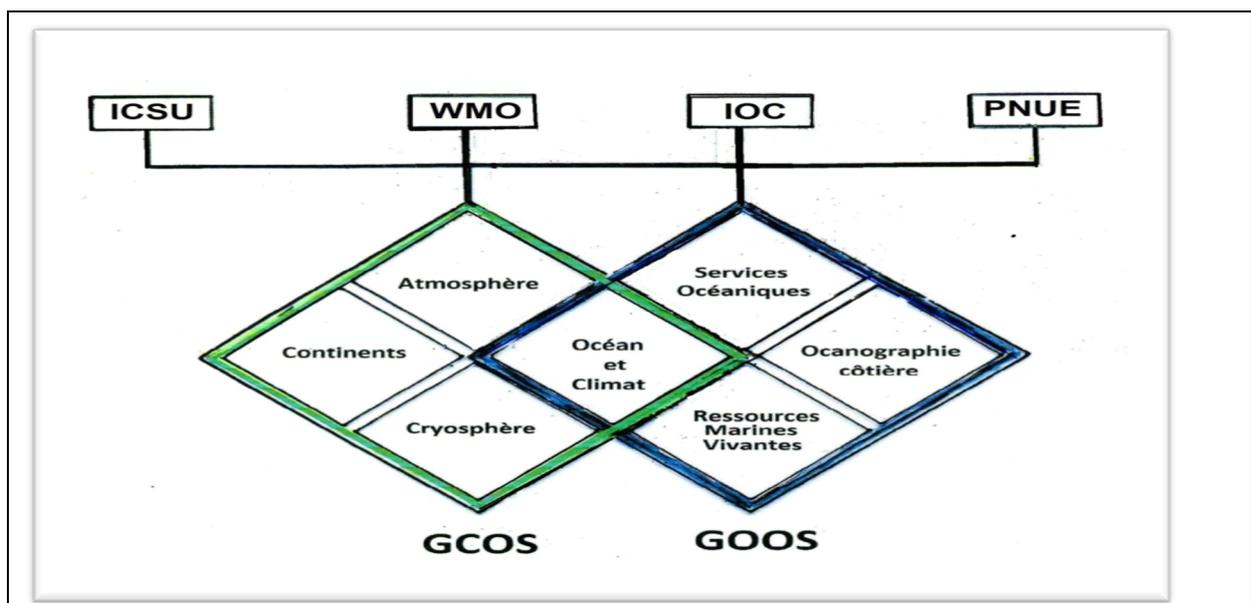


Figure 49 : Le module « Océan–Climat » commun à GOOS et GCOS

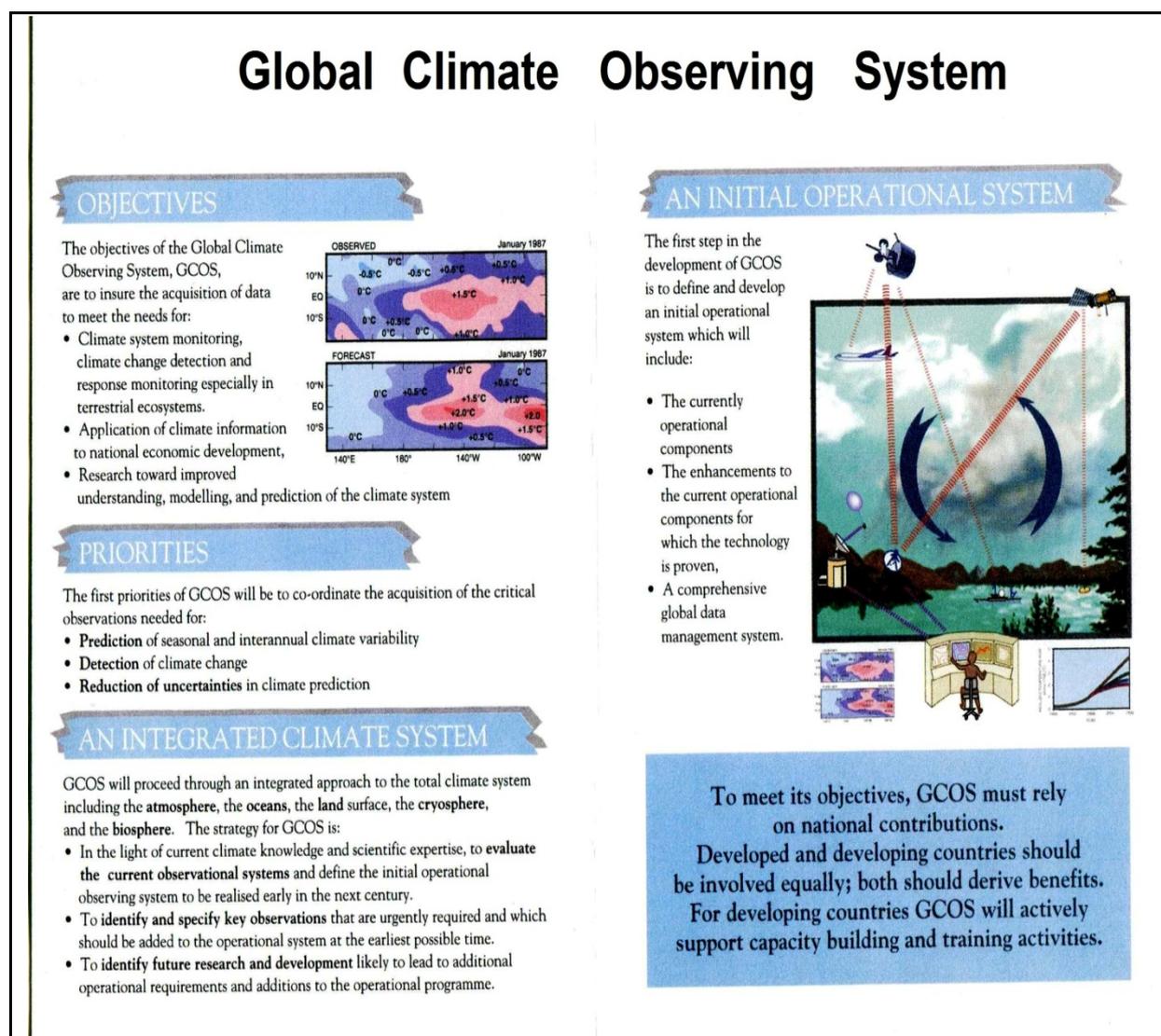


Figure 50 : Objectifs, Priorités et Système Opérationnel de GCOS

C'est dans ce cadre et dans la perspective de l'organisation du suivi de l'évolution de l'océan qu'en septembre 1992, à la demande du représentant de la *France* auprès de l'UNESCO et avec l'autorisation de mon organisme, l'ORSTOM, j'ai été mis à la disposition de la COI pour un an et affecté au bureau de coordination du GCOS au sein de l'OMM à *Genève*. J'étais plus particulièrement chargé du module Océan – Climat commun à GOOS et GCOS (Fig. 49). L'objectif était de mettre en place une organisation des systèmes d'observation et des dispositifs de traitement des données du domaine océanique pour le suivi et la prévision de l'évolution du climat (Fig. 50). Cette activité

généralisait et étendait ce que j'avais modestement tenté en pionnier sur l'Atlantique tropical et que des américains avaient poursuivi plus sérieusement dans l'océan Pacifique. Dans le cadre de mes fonctions j'ai représenté le GCOS et ses activités dans de nombreuses instances scientifiques impliquées dans l'étude du climat et de l'océan. Pour ne citer que les principales, je me suis évidemment déplacé fréquemment à *Paris* à la COI pour diverses questions touchant à l'observation de l'océan : les bouées dérivantes, l'observation du niveau moyen de l'océan, l'échange des données...etc. Déplacements également à *Washington DC* aux *États-Unis* pour le comité scientifique et technique GCOS ; à *College Station* au *Texas* aux *États-Unis* pour le panel joint CCCO-JSC sur les systèmes d'observation ; à *Lisbonne* au *Portugal* pour la météorologie marine ; à *Toulouse* pour le programme des bouées *Arctique* ; à *Brest* pour le programme des observations par navires marchands ; à *Abington* en *Angleterre* de nouveau pour le comité scientifique et technique.....

Mais mon travail principal, sous la direction de *Thomas Spence*, un « bureaucrate » américain détaché de la NSF fut d'élaborer un document, devant être proposé à la réunion du comité scientifique et technique de GCOS à *Abington (UK)* en novembre 1993. Ce document décrivait la mise au point d'un *Operational Ocean Observing System for Short-term Climate Prediction* appelé plus simplement *ENSO proposal*. L'objectif du document était de proposer à la communauté scientifique un cadre international pour développer un système coordonné d'observation et de modélisation nécessaire à la prévision de la variabilité climatique aux échelles saisonnières et interannuelles. C'était, bien évidemment, les événements de type ENSO affectant l'océan Pacifique équatorial qui étaient visés. Le document faisait référence aux premières tentatives de prévision de cette oscillation qui avaient été obtenues à l'aide d'un modèle couplé océan atmosphère très simple, par deux chercheurs américains, mes collègues *Marc Cane* et *Edward Sarachik* évoqués précédemment chapitre VIII.

Ce document de 29 pages que j'avais préparé avec soin (Document 35) fut discuté et approuvé, avec quelques corrections, par le comité scientifique et technique réuni à *Abington* sous la présidence du météorologue britannique *Sir John Houghton*. L'ambition du document était de construire au plan international une instance technique concrète permettant de réaliser pratiquement une prévision de la variabilité climatique à court terme telle que celle qui se traduisait par l'oscillation ENSO affectant le Pacifique. Cette proposition devait

servir à donner de la substance au projet d'un IRI (*International Research Institut for Climate Prediction*) dont la création avait été décidée au cours de la dernière réunion du *TOGA Board*, ce comité intergouvernemental de pilotage du programme TOGA (Chapitre VI). L'IRI fut effectivement créé en 1996 sous la direction d'un collègue et ami, le météorologue brésilien *Antonio Divino Moura* qui rassembla une cinquantaine de scientifiques autour de lui et s'installa, avec l'aide de la NOAA, principal soutien financier, au sein du célèbre campus scientifique américain : Le LDGO (*Lamont Doherty Geological Observatory*). Plus tard je fus nommé membre du comité scientifique de l'IRI pour six ans (chapitre X).

Au cours de cette année passée à l'intérieur de ces deux instances de management international, GCOS et GOOS, j'eus le sentiment d'avoir participé utilement à la construction d'outils susceptibles de faire avancer l'organisation des observations nécessaires à la prévision du climat. Néanmoins je ne fus pas dupe des lourdeurs et parfois de l'inefficacité de ces machineries internationales qui, à travers d'innombrables réunions, brassent des centaines de documents et produisent ce qui peut apparaître à certains comme des *coquilles vides* tant ces constructions internationales sont souvent loin de la réalité concrète que les pays, avec leurs équipes scientifiques et leurs ressources propres, peuvent effectivement mettre en place sur le terrain.

Retour au Pacifique Sud

Mon année passée au GCOS à l'intersection de l'OMM et de la COI avait contribué à me rappeler que le Pacifique restait pour beaucoup d'océanographes le domaine privilégié de l'étude des relations entre l'atmosphère et l'océan. C'est le lieu de la planète où se manifeste le plus spectaculairement la variabilité du climat sous l'impulsion de l'océan affecté par le phénomène El Niño et son contraire La Niña. Mon terrain scientifique de prédilection avait été l'Atlantique tropical mais j'éprouvais toujours une attirance particulière, presque émotionnelle, pour le Pacifique qui restait pour moi la région du monde où j'avais réellement débuté ma carrière d'océanographe et découvert la magie des mers du Sud (Chapitre II). Après mon passage dans la bureaucratie internationale à Genève dans le cadre de GCOS, j'ai réintégré l'ORSTOM en janvier 1994 pour être affecté à *Nouméa* en *Nouvelle Calédonie* en qualité de *Délégué ORSTOM pour le Pacifique Sud* (DEPAC). C'est avec une certaine

émotion que j'ai accueilli cette proposition 25 ans après ma première découverte du *Pacifique Sud*, tant le souvenir de l'extrême « océanité » de cette région du monde, véritable face cachée liquide de la Terre, m'avait marqué et s'était ancrée en moi depuis mon premier séjour des années 1960.

L'océan Pacifique, le plus grand du monde, couvre 175 millions de kilomètres carrés et représente 40 % de la surface des eaux libres de la Terre. Dans sa partie tropicale il s'étend sur une distance de près de 20 000 kilomètres dans le sens zonal représentant près de la moitié de la circonférence de la Terre. C'est donc par essence le *continent liquide* qui justifie l'appellation de *planète bleue* donnée parfois à notre Terre. Mais ce monde liquide n'est pas un désert humain, il est parsemé d'îles qui sont autant d'isolats de peuplement immergés dans cet univers bleu. L'océanité domine et conditionne toutes les composantes de l'environnement. L'océan et son climat imprègnent la vie des hommes : Polynésiens, Mélanésiens, Micronésiens, qui ont conquis ces terres et les habitent depuis des millénaires.

Mais pourquoi s'intéresser à une région aussi faiblement peuplée ? On entend dire parfois que le Pacifique sera le continent phare du XXI^e siècle. C'est probablement vrai si l'on considère le pourtour continental du Pacifique Nord avec l'*Asie* et l'*Amérique du Nord*. C'est moins évident pour le Sud avec l'*Australie*, la *Nouvelle Zélande* et l'*Amérique du Sud*, pôles actuels de développement encore modestes. Et on fera sourire si on tente d'inclure dans cet ensemble les milieux insulaires de l'intérieur même du Pacifique, tellement ils apparaissent minuscules et sans valeur. Pourtant, qui sait si ces *arpents d'océan* n'auront pas dans les siècles à venir une valeur équivalente aux *arpents de neige*, dont parlait *Voltaire* dans *Candide* pour désigner les grandes plaines nord-américaines que l'on a vendu au XVIII^{ème} siècle pour presque rien parce qu'on les croyait sans intérêt. Certains futurologues⁶¹ anticipent la conquête des espaces marins. Ils prévoient qu'une pression démographique croissante se manifestant en premier dans les régions côtières de l'Asie, pourrait trouver son exutoire dans l'immensité des archipels lagunaires qui parsèment le *Pacifique sud*. Alors la goutte de culture française et de francophonie immergée dans cet océan anglo-saxon (et plus tard probablement asiatique) ferait de la *France* le seul pays européen encore influent dans cette région du monde aujourd'hui oubliée. Aussi la situation de ces déserts liquides pourrait changer et ils

⁶¹ Voir *Thierry Gaudin : 2100 récit du prochain siècle* - Edition Payot, 199

pourraient devenir le lieu privilégié d'un nouveau type de développement et peut-être le laboratoire de sociétés futures. Ce ne sont pour le moment que des spéculations de fonctionnaires d'ambassade, mais elles peuvent suffire à justifier les investissements *a minima* qui sont encore attribués à la recherche dans ces pays, ne serait-ce que pour entretenir ces rêves.

La présence de la *France* dans cette région du monde est donc avant tout motivée par des intérêts diplomatiques et géopolitiques qui pour la plupart résultent de l'histoire de la conquête de ces mers lointaines par les européens à partir du XV^{ème} siècle. Les grands navigateurs et explorateurs français, *Lapérouse*, *Bougainville*, *Dumont d'Urville* ... ont donné à la *France* dans le *Pacifique* des territoires maritimes précieux comme la *Nouvelle Calédonie*, la *Polynésie française*, *Wallis et Futuna*. Bien que perçus par certains comme de modestes confettis sans valeur (Les confettis de l'empire !), ces territoires entourés d'immenses espaces maritimes, font de la *France* le deuxième pays au monde pour l'étendue de sa zone économique maritime couvrant principalement la ceinture tropicale.

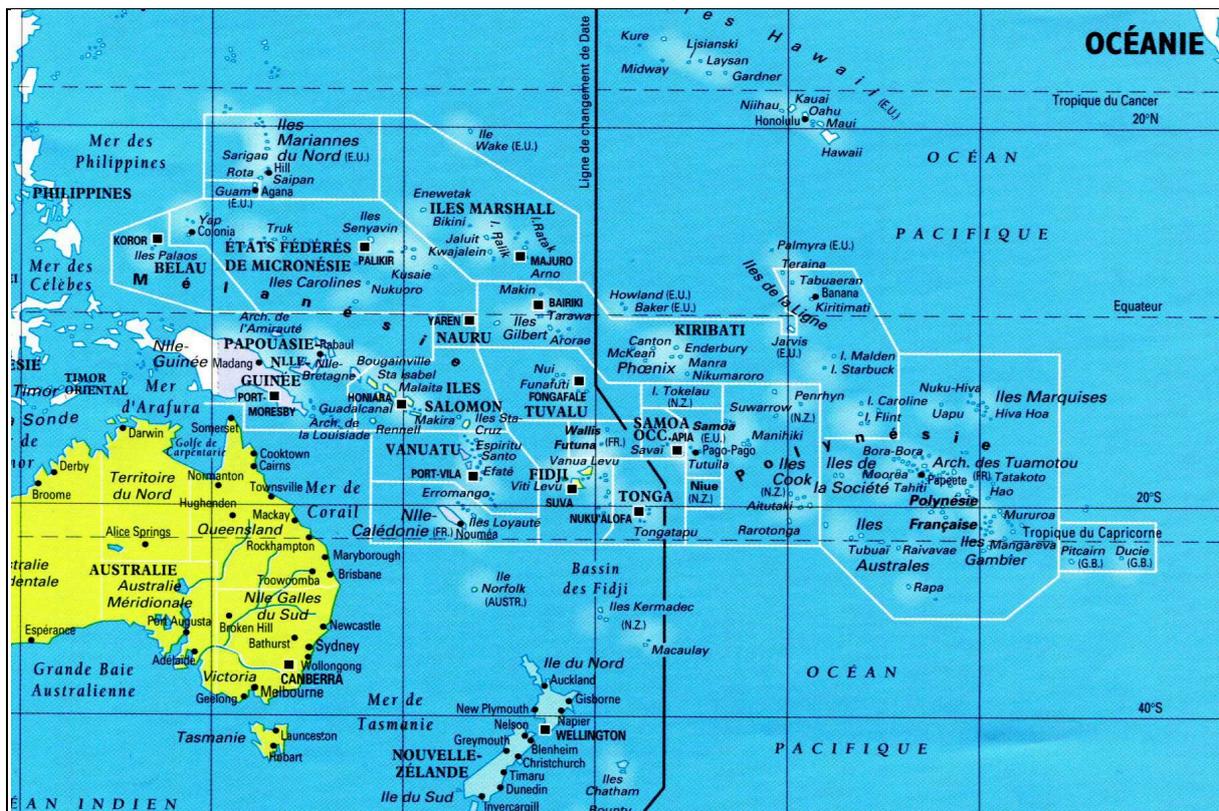


Figure 51 : Les États indépendants du Pacifique Sud

Au cours du XX^{ème} siècle de nombreux archipels sous dépendance anglaise, australienne, néo-zélandaise, américaine, mais aussi française, ont acquis leur indépendance. Les *Nouvelles Hébrides*, condominium franco-britannique depuis 1907, est devenu le *Vanuatu* en 1980. Sur la vingtaine de jeunes nations ayant acquis depuis quelques décennies leur siège à l'ONU on peut citer (Fig. 51) parmi les plus connues, la *Papouasie-Nouvelle Guinée*, les *Iles Samoa*, les *Iles Tonga*, les *Iles Salomon*, les *Iles Fidji*, les *Iles Cook*. Mais on trouve aussi *Kiribati* la plus étendue en longitude (6 000 kilomètres) regroupant plusieurs archipels à cheval sur l'équateur, et de plus petits États comme les atolls isolés de *Nauru*, *Tuvalu*, *Niue*, *Tokelau*, peuplées de seulement quelques milliers d'habitants, sans oublier *Pitcairn*, l'îlot sur lequel se sont réfugiés les révoltés de la *Bounty* qui abrite encore une centaine de leurs descendants.

Tous ces pays aux populations minuscules à l'échelle du monde ne survivent que grâce au soutien des grands pays voisins de la région que sont l'*Australie*, la *Nouvelle Zélande*, les *États-Unis* ; mais aussi la *France*, le seul pays européen représenté dans cette région du monde mais dont la présence à 20 000 kilomètre de sa métropole suscite parfois des contestations. Dans ce contexte géographique et politique très particulier fait de territoires encore français, de pays indépendants, de grands pays voisins plus ou moins bienveillants et d'organisations scientifiques régionales influentes, la recherche scientifique, notamment dans les sciences de l'environnement et de l'océan, prenait une dimension particulièrement importante qui justifiait les fonctions que j'ai occupées de 1994 à 1997 en devenant le Délégué de l'ORSTOM pour le Pacifique, désignée en interne par l'acronyme DEPAC.

Les missions de la Délégation ORSTOM pour la recherche dans le Pacifique Sud

La mission de cette délégation ORSTOM pour le *Pacifique sud* prenait tout son sens dans le cadre de la politique de la *France* en matière de coopération et de développement dans la région. La diplomatie française dans le *Pacifique sud* restait orientée vers le maintien et, si possible, l'extension, à partir de ses territoires, d'une zone d'influence française durable incluant un espace francophone assorti de relations culturelles et économiques privilégiées avec les pays voisins. La recherche scientifique et technique en favorisant le

développement de ces pays, était vue comme un outil particulièrement efficace de cette politique. La mission de la DEPAAC, redéfinie par le directeur général de l'ORSTOM dans une lettre de mission qu'il m'adressa le 12 janvier 1994, était de développer et coordonner les activités de l'institut dans l'ensemble de la région Pacifique à partir de nos territoires.

Pour cela cette délégation devait œuvrer dans trois directions principales : (i) Faire la promotion des actions de l'ORSTOM et diffuser ses résultats dans la région. (ii) Identifier les partenaires potentiels tant scientifiques que gouvernementaux et préparer avec eux des propositions de coopération scientifique. (iii) Développer ces actions de coopération en cohérence avec nos postes diplomatiques et avec les autorités des territoires français dans leur effort d'ouverture régionale.

Deux aspects particulièrement importants et spécifiques à la région pacifique devaient être pris en compte avec une attention particulière : Élargir le champ de nos relations avec les *organisations régionales* qui jouent un rôle essentiel au quotidien dans la gestion et les projets de développement de ces petits pays ; insister sur les *problèmes de l'environnement*, cruciaux pour la région pacifique.

Sur le plan scientifique les recherches à mener dans le domaine de l'environnement concernaient évidemment en priorité l'océan. Il est banal d'affirmer que le Pacifique est avant tout un océan, et de déclarer que cette région s'appelle à juste titre l'*Océanie* et ses habitants des océaniens. Certains pensent entretenir ainsi l'ébauche d'une conscience collective qui pourrait à terme unifier politiquement cette région du monde. Mais avant d'en arriver là il apparaît logique que l'étude de cet environnement océanique commun, mette l'accent sur l'*océanité* enveloppant ces régions. L'océanographie, dans ses différentes disciplines, milieux solide, liquide et vivant, est donc un domaine de recherche privilégié pour cette région. Mais, autre évidence, cet océan est peuplé d'îles. Les îles sont des milieux naturels particuliers, fermés, constituant des isolats biologiques scellant l'endémicité des espèces vivantes, mais pouvant aussi communiquer à travers le désert liquide qui les entoure par de brusques sauts intrusifs, parfois dévastateurs, susceptibles de prendre la forme d'invasions biologiques. L'*insularité* est donc aussi une autre caractéristique dominante de cette région qui affectera tous les domaines de la connaissance

L'autre singularité de cette région, évoquée précédemment, touche au domaine politique. Les îles du Pacifique, comme celles des deux autres océans tropicaux, Indien et Atlantique, constituent un groupe à part parmi l'ensemble

des pays du Sud en développement. Elles se sont regroupées dans des organisations régionales. L'importance de ces organisations dans le Pacifique a été prise en compte par la direction de l'ORSTOM et par nos postes diplomatiques de la région. Mais, dans les faits, les relations entre la recherche française, ses programmes et ses scientifiques, et ces organisations régionales étaient au point mort jusqu'aux années 1990. La situation était assez paradoxale car les territoires français du Pacifique et l'État français finançaient de façon très substantielle nombre de ces organisations régionales et de ce fait étaient souvent bien représentés dans leurs assemblées et faisait entendre leur voix. Mais force était de constater que l'implication des organismes de recherche français dans les programmes de ces organisations était faible. On doit noter aussi que les expertises, enquêtes, soutien à la recherche que demandaient ces petits États étaient souvent confiés à des institutions anglophones, rarement à des organismes français ; la langue dans cette région restait donc un paramètre discriminant et posait problème.

Le poids des organisations régionales dans le Pacifique Sud

La stratégie qu'il m'a été demandé d'appliquer dans le cadre de mes fonctions visait à étendre notre influence dans ces organisations régionales dominées par les anglophones. Pour cela je devais chercher à recentrer nos activités dans le cadre des programmes de ces organisations et même éventuellement tenter d'infléchir leurs projets pour prendre en compte nos propres priorités. Les quatre principales organisations régionales étaient, à l'époque :

CPS (*Commission du Pacifique Sud - SPC South Pacific Commission*)
établie à Nouméa en Nouvelle Calédonie ;

PROE (*Programme Régional Océanien sur l'Environnement – SPREP South Pacific Regional Environmental Programme*) établie à Apia aux Iles Samoa ;

SOPAC (*South Pacific Applied Geosciences Commission*) établie à Suva Fidji ;

USP (*University of the South Pacific – UPS Université du Pacifique Sud*)
établie à Suva Fidji.

Deux autres instances régionales auxquelles j'ai pu participer étaient de nature plus politique ; il s'agit du *Forum des îles du Pacifique* rassemblant 16 pays océaniques indépendants et de la *Pacific Science Association* qui organisait annuellement des conférences scientifiques de haut niveau.

Au-delà des recherches impliquant nos territoires et menées parfois en coopération bilatérale avec certains États fraîchement indépendants il fallait tenter de mieux insérer notre dispositif de recherche dans ces organisations régionales, ce qui nécessitait de mieux les connaître et d'être nous même plus visible au plan régional.

La plus ancienne de ces organisations régionales la **Commission du Pacifique Sud**, encore couramment appelée la **CPS**, ou **SPC** en anglais, a son siège à *Nouméa*. Fondée après la fin de la deuxième guerre mondiale, la CPS rassembla originellement les puissances coloniales du Pacifique qui désiraient pouvoir organiser en commun l'évolution de ces pays océaniques vers plus de souveraineté et un certain développement social et économique. Dans les années 1990, la CPS rassemblait 22 pays. *L'Australie* et la *Nouvelle-Zélande* grands pays voisins ainsi que *l'Angleterre*, les *États-Unis* et la *France*, ancien colonisateurs, étaient rangés dans la catégorie des cinq pays fondateurs. A ce titre la *France* était sensée entretenir de bonnes relations avec cette organisation régionale historique. Dans les faits ces relations étaient discontinues et dépendaient beaucoup du contexte politique du moment. Lorsque je suis arrivé en 1993 on était dans une période plutôt creuse, ce que m'avait indiqué mon prédécesseur qui m'incita à prendre l'initiative d'une relance en proposant à la commission de mettre au point un accord-cadre avec l'ORSTOM. J'ai préparé cet accord-cadre destiné à relancer les relations entre les deux institutions. Il fût signé en septembre 1994 stipulant que la coopération entre l'ORSTOM et la CPS devait : *Dans le respect de leurs missions respectives et des statuts de leur personnel, mettre en commun au profit du développement des pays de la zone Pacifique, les compétences et les informations détenues par chacune des parties.*

Dans un tel cadre, la coopération pouvait se concrétiser par des programmes de recherche communs, par l'échange d'information scientifique et technique et la formation. Un *comité de suivi* fut créé, auquel j'ai participé, il était composé du secrétaire général de la CPS, du directeur général de l'ORSTOM et des chercheurs impliqués. La première réunion de ce comité s'est tenue en avril 1996. Ces réunions ont permis de faire le point des actions en cours qui jusqu'ici, compte tenu du contexte politique parfois difficile (voir

pages suivantes), se limitaient à des expertises ponctuelles. Cet accord-cadre entre l'ORSTOM, principal organisme de recherche français intervenant dans la région Pacifique, et la CPS a incontestablement contribué à fluidifier les rapports entre les deux institutions⁶² pour le bénéfice des États océaniques.

La France, ainsi que les territoires français de *Nouvelle-Calédonie*, de *Wallis-et-Futuna* et de *Polynésie française*, sont membres du **Programme Régional Océanien pour l'Environnement – PROE** (SPREP en anglais). C'est une organisation issue d'un programme de la CPS qui rassemblait, dans les années 1990, 26 pays de la région Pacifique. Après avoir obtenu le statut d'organisation régionale autonome en 1994, le PROE a installé son siège à *Apia* aux *Samoa occidentales* (Fig. 52). Au cours des années 1990 un ensemble de projets scientifiques relevant de différents domaines de l'environnement a été confié à des chercheurs ORSTOM. Ces projets ont duré plusieurs années et ont fait l'objet de rapports au secrétariat du PROE ainsi qu'à la *Caisse Française de développement* ordonnatrice principale des financements.



⁶² Il faut souligner que les bâtiments de l'ORSTOM et ceux de la CPS à *Nouméa* avaient des implantations voisines sur la fameuse baie de l'*Anse Vata*. Les personnels des deux institutions se rencontraient fréquemment à titre privé.

Figure 52 : Une réunion du PROE à APIA aux SAMOA

Parmi les sciences de l'environnement, un domaine prenait une importance croissante au plan international et avait d'importantes répercussions au sein du PROE ; il s'agissait du changement climatique et de l'élévation du niveau des océans. J'ai assisté régulièrement aux réunions des services météorologiques régionaux organisées par le PROE dans son effort de coordination et de soutien des pays du Pacifique Sud dans les domaines de la météorologie et du climat. Le PROE a cherché à se positionner dans un rôle de relais de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) auprès des gouvernements des États de la région. Par ma connaissance encore fraîche du fonctionnement de l'OMM, acquise au cours de mon année d'activité au bureau GCOS à Genève, j'ai contribué à faciliter ce rapprochement qui s'est concrétisé par un programme de coopération signé entre le PROE et l'OMM en juin 1994.

L'intérêt que l'ORSTOM commençait à porter à l'étude du climat nous a conduit à vouloir coopérer plus étroitement avec le PROE pour toutes les questions touchant à l'observation et la prévision des changements climatiques (notamment ENSO). L'impact de ces changements sur les sociétés océaniques, y compris nos territoires, était important et inquiétait les populations. Les pays insulaires étaient demandeurs d'une information scientifique adaptée à leurs problèmes concrets de façon à ce que leurs populations et leurs gouvernements soient suffisamment informés pour organiser efficacement leur protection matérielle locale et leur défense au niveau politique. Une association *Alliance of Small Island States - AOSIS* regroupant 42 pays insulaires a été créée en 1997 au sein de l'ONU. Le premier président d'AOSIS, *Neroni Slade* un juriste samoan, a proposé au PROE de créer un réseau de scientifiques spécialistes du Pacifique pour fournir à l'AOSIS toute l'information nécessaire pour la défense des intérêts des pays insulaires dans les discussions des grandes conférences mondiales sur l'environnement et le climat. J'ai soutenu cette proposition et offert mon concours à ces expertises. Cet engagement m'a conduit à participer à plusieurs reprises aux réunions organisées par le PROE pour faire le point des questions traitant de l'impact du changement climatique sur les États insulaires du Pacifique Sud. Le sujet le plus brûlant abordé au cours de ces réunions était celui de l'élévation du niveau moyen de l'océan qui devenait une menace presque immédiate pour l'existence même de certains de ces minuscules États-atolls. Dès qu'elle fut connue à partir des années 1990, cette association AOSIS

a eu beaucoup d'échos dans les medias internationaux et un réel poids politique cristallisant autour d'elle la sympathie générale face à l'injustice que ressentait ses habitants se déclarant à juste titre : Premières victimes non coupables du réchauffement climatique.

La *South Pacific Applied Geosciences Commission – SOPAC*, est une organisation régionale indépendante créée en 1972. Elle était la plus scientifique et la plus technique des organisations régionales opérant dans le Pacifique sud, en ce sens qu'elle était à la fois proche des acteurs scientifiques des pays développés intervenants sur la région : *Australie, Nouvelle-Zélande, France, États-Unis, Japon*, mais aussi la plus proche des petits États pour lesquels elle mettait en œuvre les programmes et les développements techniques dont ils avaient besoin. Sa technicité et son retrait volontaire des grands débats sur le développement et sur certaines options géopolitiques, fréquents pour les autres organisations régionales, la rendait moins visible et par là plus fragile dans le contexte des réorganisations en cours des années 1990. Au-delà de l'existence même de cette organisation sous sa forme actuelle et de sa structure administrative qui sera reconsidérée dans le futur⁶³, la somme de compétences qu'elle représentait était appréciée car elle était indispensable au développement des petits États de la région et difficilement remplaçable dans le domaine des géosciences. Ces petits États, en effet, n'avaient pas individuellement les moyens et les cadres techniques pour mettre en œuvre et associer à leur développement, les programmes décidés au niveau des grandes organisations internationales et régionales.

Dans les années 1990 la *France* et l'ORSTOM furent associés à la SOPAC de façon presque permanente en y affectant des agents mis à la disposition de cette commission. Cependant la *France* n'était pas membre de la SOPAC bien qu'elle y était représentée par deux de ses territoires : la *Nouvelle-Calédonie* et la *Polynésie française*. La *France* était cependant un des pays donateurs au même titre que plusieurs autres États extérieurs à la région : *Angleterre, Canada, Japon, Norvège, République Populaire de Chine*. Les années 1990 ont été marquées par de grandes opérations scientifiques et techniques. Un programme de cartographie des fonds marins appelé SOPACMAPS, initié par la *France*, a été piloté de 1991 à 1994 par la SOPAC qui a contracté le navire océanographique français *Atalante* de l'IFREMER (Fig.

⁶³ En 2011 la SOPAC a été rattachée à la SPC : *Secretariat of the Pacific Community* anciennement la *Commission du Pacifique Sud - CPS* en français, pour en devenir une de ses agences techniques.

53). Les équipes ORSTOM de géosciences, ont participé massivement à ce programme qui se déroulait dans les eaux des *îles Fidji* mais aussi des *îles Salomon*, de *Tuvalu*, et du *Vanuatu*. Un symposium international organisé par le centre ORSTOM de *Nouméa* en novembre 1994 a clôturé ce grand programme qui a beaucoup contribué à donner de la recherche française et de sa technologie une image positive dans la région. En janvier 1995 un nouveau programme : *Pacific Water Supply and Sanitation Project* sur la ressource en eau, a été mis en place au sein de la SOPAC ; il était financé par le PNUD et son objectif était de coordonner les recherches sur la ressource en eau et sa disponibilité dans le Pacifique Sud. Ce programme, qui touchait de près les activités de l'ORSTOM dans le domaine de l'hydrologie, faisait suite à un symposium organisé en avril 1994 à *Honiara* dans les *îles Salomon*, auquel j'avais participé.



Figure 53 : Le navire océanographique Atalante

Le Pacifique Sud possède une université : **University of the South Pacific - USP** (*UPS en français*) qui a son siège à *Suva* aux *îles Fidji* mais dispose de campus annexes dans plusieurs pays, notamment au *Vanuatu*. Cette

université est destinée à former des étudiants issus des petits États du Pacifique Sud qui ne peuvent prendre en charge individuellement des enseignements universitaires. L'USP a formé des cadres moyens et supérieurs qui ont atteint des niveaux de responsabilité important dans leur pays. De langue anglaise, à l'exception du campus de *Port-Vila* au *Vanuatu* où des enseignements très minoritaires sont dispensés en français, cette université est le creuset d'une certaine élite anglophone océanienne. Néanmoins, les diplômes dispensés par l'USP sont un peu dévalués par rapport à ceux des universités des grands pays voisins, *Amérique (Hawaii et Californie) Australie et Angleterre* qui attirent les meilleurs étudiants, et souvent aussi les plus fortunés. L'USP représente néanmoins un potentiel d'enseignement et de recherche remarquable à l'échelle de la région Pacifique.

Pendant longtemps la coopération entre les instituts de recherche français tels que l'ORSTOM et cette USP fut limité et confiné à des actions ponctuelles sans aucune relation officiellement établie. A partir des années 1990 cependant, une coopération s'est développée dans le domaine des sciences marines entre les biologistes marins du centre ORSTOM de *Polynésie française* et des chercheurs du *centre d'études marines* de l'USP. De même des campagnes communes avec le navire océanographique « Alis », des enseignements et des visites de chercheurs, formèrent la trame d'une amorce de coopération avec le centre de *Nouméa* dans le domaine de la biodiversité marine.

J'ai visité l'USP en juin 1994 pour y rencontrer le vice chancelier, et plusieurs professeurs dont un britannique francophone et francophile, *Peter Newell*, professeur de biologie, très favorable à une coopération avec le centre de *Nouméa*. Ma proposition de développer notre coopération scientifique avec l'USP reçut un accueil très favorable du vice-chancelier et des professeurs que j'ai pu rencontrer. À cet effet j'ai invité le professeur *Newell* à séjourner quelques semaines au centre de *Nouméa* en octobre 1995. Dans le domaine des sciences sociales, une coopération a également été amorcée entre l'USP et le centre de *Nouméa* pour une étude comparée du développement urbain de deux villes du Pacifique Sud de dimension semblable : *Nouméa* en *Nouvelle Calédonie* et *Suva* capitale des *îles Fidji*.

Néanmoins aucun accord formel n'a été conclu au cours des années 1990 entre cette université à 95 % anglophone et les institutions universitaires ou de recherche françaises ; la question épineuse de la langue semble être à l'origine des difficultés pour engager cette formalisation. L'USP est demeuré un bastion universitaire presque exclusivement anglophone, si l'on excepte l'antenne du

Vanuatu. L'ébauche d'une UFP (*Université Française du Pacifique*) créée en 1987 jusqu'à sa séparation, en 1999, en deux universités francophones, en *Nouvelle Calédonie* et en *Polynésie Française*, a peut-être aussi freiné la coopération avec l'USP dans un contexte de lutte d'influence linguistique. Les universités françaises du Pacifique sont pourtant encore loin d'avoir le rayonnement régional de l'USP et ne constituent manifestement pas encore pour elle une menace linguistique.

À côté de ces organisations régionales de caractère scientifique et technique je mentionnerai brièvement deux organisations plus politiques ayant un grand rayonnement sur l'ensemble de la région Pacifique avec lesquels j'ai aussi été en contact. Il s'agit du *Forum du Pacifique Sud* et de la *Pacific Science Association – PSA*.

Le *forum du Pacifique Sud* a été créé en 1971. Il réunit une quinzaine de pays indépendants d'Océanie incluant les deux grands que sont l'*Australie* et la *Nouvelle-Zélande*. C'est une instance de coopération politique pour laquelle il n'existe pas de charte ni de traité international marquant sa création. Elle doit sa légitimité au fait qu'elle a obtenu le statut d'observateur auprès de l'Assemblée générale des Nations Unies. Parallèlement à son côté politique le Forum inclut aussi des agences techniques tel que l'agence des pêches et une compagnie de navigation maritime, la *Pacific Forum Line*. Les relations entre le forum et la *France* étaient particulièrement houleuses dans les années 1990 car l'existence même de cette association résultait de l'opposition farouche des États océaniques, vigoureusement soutenus par leurs opinions publiques, au centre d'expérimentation nucléaire français du Pacifique. La reprise des essais décidée par le président *Jacques Chirac* en 1994 exaspérait ce ressentiment⁶⁴. Aussi j'étais un peu inquiet de l'accueil qui me serait réservé, à la suite de ma demande d'entretien avec le secrétaire général de cette organisation lors d'une mission que je fis à *Suva* aux *îles Fidji* siège de cette organisation. A ma grande surprise le secrétaire général adjoint du Forum, qui était un fidjien francophone, écouta poliment mon exposé des orientations générales et des activités de l'ORSTOM dans le Pacifique Sud. Aucun engagement de coopération ferme ne

⁶⁴ Je me souviens d'un incident dont j'ai été la victime. En mission à *Suva* aux *îles Fidji* et prenant un taxi, le chauffeur engage la conversation. Alerté par mon anglais approximatif teinté d'un fort accent français il me demande quelle était ma nationalité. Imprudemment je lui ai avoué mon origine française. Il arrêta immédiatement son taxi et me débarqua sur le champs sans ménagement par un violent « Get out ! ». J'avoue un peu honteusement que plus tard dans de pareilles circonstances j'ai lâchement déclaré être de nationalitébelge !

fut décidé mais la pêche fut identifiée comme un thème porteur possible pour l'avenir. Ce n'était pas une grande victoire diplomatique mais j'étais assez fier d'avoir obtenu l'écoute d'un représentant de cette instance politique redoutée de la diplomatie française dans un moment particulièrement délicat.

J'ai également participé au XVIII^{ème} congrès de la *Pacific Science Association - PSA* ou en français (*Association des sciences du Pacifique - ASP*) qui s'est tenu à *Pékin* en juin 1995. Traditionnellement la *France* et ses territoires du Pacifique étaient bien représentés dans cette importante manifestation scientifique qui, tous les quatre ans, servait de vitrine à la science du Pacifique. La participation française à la PSA a été éminente dans le passé. Pour mémoire, en 1926, le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, *Alfred Lacroix*, présidait plusieurs commissions de cette association au congrès de *Tokyo*. Dans les années 1960, *Roger Heim*, également académicien allait poursuivre cette mission de représentation de la science française pendant plus d'une décennie participant au congrès d'*Honolulu* en 1961, de *Tokyo* en 1966 et de *Canberra* en 1971. *Maurice Fontaine*, académicien océanographe, pris la succession de *Heim* à partir de 1975. Ces représentations de scientifiques français de haut niveau étaient accompagnées de délégations nombreuses (35 participants en 1966 à *Tokyo*) couvrant de multiples disciplines et attestant ainsi de la vitalité de la recherche française dans le Pacifique. Mais depuis quelques années, les choses avaient changé peut-être en relation avec la position diplomatique délicate de la *France* dans cette région du monde consécutive à l'implantation du centre d'expérimentation nucléaire en *Polynésie*. Nous étions seulement quatre représentants français en 1995, mais cependant 15 communications françaises furent présentées dans les sessions traitant de la biodiversité et des ressources marines.

Mais ce qui m'a le plus frappé au cours de cette conférence c'est le dynamisme et la puissance (en nombre et en qualité) de la jeune génération scientifique asiatique. La participation chinoise à ce congrès, organisé par l'académie des sciences de la *République Populaire de Chine*, était évidemment massive. Mais on pouvait distinguer deux catégories parmi ces jeunes scientifiques : Les expatriés, en poste dans des universités américaines ou européennes, extravertis, posant de nombreuses questions, alimentant sans fin les débats scientifiques. Et ceux, plus discrets, appartenant aux diverses universités et instituts de recherche chinois. J'ai été étonné par la solidarité et le dialogue que les premiers essayaient de nouer avec les seconds par des encouragements généreux et sincères lors de leurs présentations quelquefois un

peu dépassées sur le fond et la forme. J'ai eu le sentiment, confirmé par la suite, que cet amalgame naissant entre un « corps expéditionnaire » de jeunes scientifiques chinois, partis à l'étranger pour s'aguerrir au contact notamment du professionnalisme américain, et les énormes bataillons de ceux restés sur place, allait conduire à l'émergence, dans les décennies à venir, d'une nouvelle génération de scientifiques asiatiques. Ils seront susceptibles de prendre le relais d'une science occidentale peut-être déclinante même si sa vitrine américaine pourra encore faire illusion quelque temps⁶⁵.

La science dans le Pacifique Sud

Déjà largement évoquées précédemment la spécificité des sciences dans le Pacifique Sud s'organise autour de deux pôles complémentaires : l'*insularité* et l'*océanité*.

L'**insularité** par l'isolement des milieux vivants, incluant les populations humaines, favorise l'étude des « environnements extrêmes » qui ouvrent des domaines de recherches originaux sur le plan des mécanismes fondamentaux de l'écologie, de l'évolution des espèces, des peuplements et des comportements socio-économiques humains. Dans le domaine de la biologie « l'endémisme » des espèces végétales et animales favorise la biodiversité, les réservoirs génétiques, la recherche de substances naturelles ayant un intérêt pharmacologique, industriel ou alimentaire. Ce sont des domaines qui prennent de l'importance actuellement dans le Pacifique car ces substances issues du milieu vivant sont encore largement inexplorées et suscitent beaucoup d'espoir. Dans le domaine de la santé les isolats insulaires sont autant de cas extrêmes qui présentent un grand intérêt théorique pour l'épidémiologie, l'étude des mécanismes d'invasion, de prolifération, de résistance. Dans le domaine des sciences humaines, l'archéologie trouve en Océanie un terrain de peuplement très particulier où les migrations sont par nécessité discontinues, par sauts brusques d'île en île, d'archipel en archipel, et où les fluctuations de l'environnement, notamment le climat, jouent un rôle plus important qu'ailleurs. La sociologie et l'ethnologie sont également des disciplines originales dans le Pacifique, les peuplements isolés constituant autant de « laboratoires »

⁶⁵ La production scientifique mondiale actuelle (2014) dans les journaux scientifiques de grande audience est marquée par un nombre de plus en plus élevé (estimé à 40%) d'auteurs d'origine asiatique.

indépendants où les sociétés ont évolué et atteint des états d'équilibre uniques et différents. J'ai déjà cité, chapitre III, le cas d'une minuscule île isolée, *Anuda*, dans le Pacifique Sud-ouest qui a intrigué les ethnologues et les sociologues par la singularité de son organisation sociale privilégiant l'intérêt de la communauté à la compétition individuelle pour préserver un environnement fragile qui sans cela ne garantirait pas la survie de la population.

En ce qui concerne l'**océanité**, son empreinte sur les espaces continentaux conditionne l'activité humaine. Il faut cependant distinguer dans cet environnement océanique le milieu liquide lui-même, son contenu en matière vivante, son enveloppe géodynamique (tectonique des plaques, volcanisme), et son interaction avec les autres composantes de l'environnement dont l'atmosphère. Sans prétendre être exhaustif, les principaux thèmes scientifiques porteurs dans le Pacifique relèvent donc de toutes les disciplines de l'océanographie par l'étude de la dynamique de sa masse liquide, de son milieu vivant (halieutique, pêches), de son histoire récente (paléocéanographie) et plus lointaine (géophysique profonde) sans oublier ses interactions avec les autres milieux environnementaux tels que l'atmosphère (océanographie physique, météorologie et climatologie).

Ce dernier point, correspondant à mon domaine de recherche, a pris une importance croissante au fil du temps pour cette région, soumise comme aucune autre, à cette extrême océanité dont l'interaction avec l'atmosphère et ses fluctuations retentissent sur l'ensemble de la planète. Aussi cette interaction étroite entre océan et atmosphère conditionne la vie et l'ensemble des paramètres environnementaux des pays insulaires de la région Pacifique. Les deux principaux phénomènes climatiques qui affectent la région sont ENSO et le réchauffement climatique global. Ces deux signaux climatiques, font sentir leurs impact sur l'ensemble de l'environnement continental et plus particulièrement sur l'élévation du niveau moyen de l'océan qui à terme peut remettre en cause l'existence même de certains archipels. Ces évolutions climatiques ont aussi un impact sur le vivant océanique et son exploitation (la pêche), sur la fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes tels que les cyclones, sur l'alternance des sécheresses et des périodes humides, sur la production agricole, et sur la santé des formations récifales et des lagons.

La *France* s'est intéressée très tôt, depuis les années 1950, à l'environnement climatique du Pacifique et à son impact sur les conditions de vie des territoires français et des États de la région. D'autres organismes de

recherche français : le CEA, l'école pratique des hautes études, le Muséum National d'Histoire Naturelle, l'IFREMER, METEO-FRANCE, l'université française du Pacifique, ont contribué aux recherches sur l'environnement climatique du Pacifique Sud plaçant notre pays parmi les plus actifs dans cette région, devant d'autres pays européens comme la *Grande Bretagne*.

Mais revenons au problème scientifique et politique majeur, évoqué plus haut, qui agite une partie de l'opinion publique mondiale et tient en haleine 42 petits États insulaires menacés de disparition ; ils sont regroupés à l'ONU dans l'AOSIS, une association très influente déjà évoquée précédemment. Ils sont directement menacés par l'élévation du niveau de l'océan sous l'effet du réchauffement climatique. Dans les années 1990 ce phénomène inquiétant avait déjà été identifié bien que des interrogations subsistaient sur sa réalité et ses causes qui sont maintenant mieux cernées. En 1997, dans un rapport à la direction générale de l'ORSTOM sur l'environnement climatique du Pacifique Sud, j'écrivais : «... *L'élévation du niveau moyen de l'océan est générale sur l'ensemble des côtes du Pacifique. Depuis le début du siècle, les chiffres indiquent des valeurs variables par archipel, depuis un minimum de 0,6 mm par an en Micronésie jusqu'à 3,8 mm par an dans l'archipel hawaïen. Mais cette élévation apparente du niveau des eaux le long des côtes n'est pas seulement due à l'élévation générale du niveau de la masse liquide océanique mais aussi à des mouvements isostatiques du socle continental sur lequel reposent ces îles. Et il est très difficile, compte tenu de la faible durée des enregistrements souvent inférieure à 20 ans, de dégager une tendance précise indépendante de ces mouvements tectoniques particuliers. Néanmoins, on peut estimer que cette élévation générale moyenne du niveau de l'océan, corrigée des mouvements isostatiques, est dans le Pacifique de l'ordre de 0,5 mm par an comme sur l'ensemble de la planète. Cette élévation est due principalement à l'expansion de la colonne liquide océanique sous l'effet de l'accroissement de sa température, conséquence de la tendance au réchauffement global du climat.*

Dans l'hypothèse où ce phénomène serait bien la conséquence de l'activité industrielle, le débat est très vif parmi les gouvernements des petits pays insulaires du Pacifique qui ont tendance à surestimer le péril et à demander des comptes et des dédommagements aux pays industriels du Nord, principaux responsables de ces émissions de gaz à effet de serre. Il faut reconnaître que certains chiffres ont de quoi effrayer. Les projections pessimistes des modèles de prévision de cette élévation du niveau des océans, dans l'hypothèse d'une émission constante des gaz à effet de serre égale à l'actuelle, sont de l'ordre de

50 cm à l'échéance du milieu du siècle. Certains atolls ont une altitude ne dépassant pas 3 mètres, une quinzaine de nations telles que les îles Marshall, Kiribati, Tuvalu, Tokelau, pourraient être rayés de la carte du monde au cours du prochain siècle. Certes les populations concernées ne représentent que quelques dizaines de milliers d'individus qui pourraient assez aisément être accueillis ailleurs, mais l'impact humain et médiatique de plusieurs États souverains disparaissant subitement de la surface de la terre pourrait être énorme s'il était prouvé que ces disparitions soient bien la conséquence directe de l'activité industrielle de l'homme... ».

J'ajoutais que ces disparitions pourraient être subites et violentes par la conjonction possible de trois événements : (i) L'élévation continue, bien que lente, du niveau moyen de l'océan que nous venons de voir. (ii) Un El Niño apportant, comme nous l'avons vu antérieurement, quelques dizaines de centimètres d'eau supplémentaires pendant plusieurs semaines. (iii) Enfin, un cyclone, attiré par les eaux chaudes résultant éventuellement d'un El Niño, accompagné de vents très violents qui pourrait élever le niveau de l'océan de plusieurs mètres pendant quelques heures. Ces trois phénomènes, partiellement indépendants les uns des autres, seraient cependant ensemble susceptibles de balayer de la carte du monde plusieurs États souverains en quelques heures.

Ces événements dramatiques possibles, étudiés et en partie prévus par la science ouvraient la porte à des questions et des débats de nature politique au cœur de l'actualité. Au-delà de mes fonctions de coordination scientifique, j'avais perçu par mes contacts avec les représentants de ces populations, au cours des nombreuses réunions auxquelles j'ai participé, l'importance pour elles du politique. Il m'était impossible d'ignorer le caractère fluctuant de ce contexte, d'autant que la politique de la *France* dans cette région plaçait parfois ses ressortissants dans une position inconfortable comme ce fut le cas lors des essais nucléaires des années 1980-90.

La politique dans le Pacifique Sud

La conjoncture politique générale à l'égard de la *France* et des territoires français dans le Pacifique, au cours de la première moitié de la décennie des années 1990 a été très contrastée et marquée par le chaud et le froid. Le chaud c'est l'atmosphère favorable à la *France* qui s'est développée autour des *accords*

de Matignon en Nouvelle Calédonie et de la suspension des essais nucléaires, désamorçant progressivement l'hostilité anglo-saxonne et océanienne à notre égard. Le froid, ensuite, s'est manifesté immédiatement après l'annonce de la reprise de ces essais nucléaires, et la fin du moratoire, par le président *Jacques Chirac* déchainant une tempête médiatique dans la région et au-delà dont il était difficile de prévoir la durabilité et les effets à long terme. Deux périodes sont donc à considérer : avant l'annonce de la reprise des essais nucléaires en juin 1995 où l'atmosphère était favorable à la *France* ; et après l'annonce de la reprise de ces essais nucléaires qui souleva un tollé anti-français.

Jusqu'à l'annonce de la fin du moratoire sur les essais nucléaires, la situation sociale et économique des petits États du Pacifique Sud continuait de se dégrader alors que l'image de la *France* auprès d'eux se restaurait. Le paradoxe n'est qu'apparent et mérite explications. La fin de la guerre froide a contribué à réduire la tension dans la région avec comme conséquence aussi de réduire le volume de l'aide apportée aux petits États qui se sont appauvris. Cette aide était octroyée par les bailleurs traditionnels que sont les grands pays développés de la région : *Australie, Nouvelle-Zélande* et *États-Unis*. Cette situation a contribué à rehausser, par contraste, l'impact de l'effort européen et particulièrement celui de la *France*, seul État de la communauté, avec sporadiquement *l'Angleterre* et *l'Allemagne*, à soutenir directement des actions de développement dans les pays de la région, territoires français compris.

Par ailleurs, les *accords de Matignon* avaient partiellement désamorcé le ressentiment mélanésien à notre égard et par contrecoup aussi les résistances des États développés environnants : *Australie* et *Nouvelle Zélande*. Ceux-ci, leaders naturels de la région, acceptaient mieux la présence française dans ce vaste océan Pacifique qu'ils avaient tendance à considérer comme une mer intérieure anglo-saxonne privée, mais qu'ils avaient aussi beaucoup de difficultés à soutenir efficacement. On a ainsi pu voir des choses très surprenantes durant cette période. En 1994 des manœuvres militaires communes entre Fidjiens, Papous et Français se déroulèrent en *Nouvelle-Calédonie* sous les yeux d'observateurs australiens et néo-zélandais ! On a aussi cru rêver en entendant le premier ministre australien déclarer officiellement à cette occasion que la *France* était chez elle dans le Pacifique !

Mais cet état de grâce n'a pas duré et cette situation favorable s'est brusquement dégradée après l'annonce de la fin du moratoire sur les essais nucléaires français en juin 1995. La tension est alors devenue très vive entre la

France et *l'Australie* et aussi la *Nouvelle Zélande* d'une part et les petits États Océaniens d'autre part. Il était impossible de prévoir l'impact que cette crise aurait dans la durée, mais il apparaissait presque certain que plusieurs années au moins seraient nécessaires pour retrouver le climat favorable antérieur. Et il n'était pas impensable que cet événement puisse marquer un tournant irréversible conduisant à un rejet définitif de la présence française dans cette région du monde tant la rancœur des populations océaniques à notre égard était grande. J'ai vécu sur place ces événements avec une certaine appréhension mais aussi avec curiosité. L'irruption du danger nucléaire importé par les puissances du nord dans une région du monde où les populations étaient encore très marquées par un rapport primitif avec les forces de la nature, donnait au sentiment populaire une force de conviction beaucoup plus grande que les discours cartésiens des diplomates. J'ai compris que le temps n'était plus où nous, occidentaux, pouvions imposer notre culture et notre mode de pensée par le seul jeu des forces économiques, politiques, voire religieuses. Ici plus qu'ailleurs il fallait compter avec l'émotion et l'irrationnel, ce qui m'amena à accepter de participer à des cérémonies de la vie océanique, que la stricte application du principe républicain de *laïcité* aurait dû m'interdire⁶⁶ !

La réorganisation de la recherche dans le Pacific Sud en 1997

Mais ce début d'enracinement dans le milieu océanien ne devait pas me détourner de mes préoccupations de politique scientifique et d'organisation de la recherche pour le compte d'un nouveau gouvernement français qui, au début de l'année 1997, souhaitait élaborer un *schéma régional de la recherche*. Ce nouveau schéma s'imposait évidemment à l'ORSTOM comme aux autres instituts de recherche et je fus mandaté par l'ORSTOM pour faire des propositions de réorganisation de la recherche dans le Pacifique Sud dans le cadre de cette réforme. Celle-ci touchait particulièrement les grandes implantations comme

⁶⁶ C'est ainsi que j'ai été amené à improviser, en anglais, une prière inaugurale pour l'ouverture d'une réunion que j'avais organisée à *Nouméa* en août 1997 et qui rassemblait les représentants techniques et politiques de nombreux pays océaniques. Il faut savoir que les océaniens sont très religieux, principalement marqués par le christianisme et les églises réformées. Une réunion ne commence jamais sans qu'une prière ait été prononcée par un des organisateurs de la réunion. Faillir à cette règle peut mettre à mal et désorganiser la réunion. Je fus donc invité à placer la « *Troisième réunion du PROE sur le changement climatique et la montée du niveau moyen de l'océan* » que j'organisais à Nouméa du 18 au 22 Août 1997, sous la protection du Seigneur tout puissant !

Nouméa, ce qui avait suscité un écho dans la presse locale Néo-Calédonienne (Document 36). Cette réorganisation, plutôt complexe, impliquait de nouveaux concepts. On devait distinguer des *thèmes scientifiques* ; des *grands programmes* susceptibles de devenir des *unités de recherche* ; des *chantiers scientifiques* et des *laboratoires*.

Les *thèmes scientifiques* mobilisateurs sur une région devaient rassembler l'ensemble des questions scientifiques touchant des disciplines proches et ayant un intérêt pour le développement à long terme de la région. Les *chantiers scientifiques* étaient l'expression dans une région d'un *grand programme* ou d'une de ses composantes. Par nature ces *chantiers scientifiques* n'étaient pas permanents et pouvaient avoir une durée de vie limitée entre 3 – 5 ans. Les *laboratoires*, au contraire, étaient des structures quasi permanentes au sein desquelles étaient réalisés les *chantiers scientifiques* successifs appartenant à un *thème scientifique* donné. Il est clair que les *laboratoires* n'existaient que dans les implantations propres de l'ORSTOM, c'est-à-dire en métropole et dans les TOM-DOM. Ce nouveau schéma de la recherche n'était pas simple !

L'exemple d'une implantation forte de l'ORSTOM était évidemment le centre de *Nouméa*, qui rayonnait sur l'ensemble de la région Pacifique avec des infrastructures conséquentes (Document 37). Cinq laboratoires avaient été identifiés regroupant douze chantiers appartenant aux six Unités de Recherche du département DME. Le document 38, extrait d'un rapport que j'avais transmis en septembre 1997 à la Direction Générale sur la réorganisation du centre de *Nouméa*, présente ces projets de laboratoires et de chantiers ; il illustre la complexité de cette nouvelle articulation des programmes et la difficile transition entre les deux types d'organisation, l'organisation antérieure par programmes et la nouvelle organisation par Unité de Recherche, Chantiers et Laboratoires.

Mais tout ce travail fût en partie inutile. Cette réforme initiée sous la direction de *Jean Nemo* – Directeur Général de l'ORSTOM de 1995 à 1998 – s'inscrivait au plan national dans le cadre d'un *Schéma d'Orientation Stratégique de la Recherche* élaboré par le gouvernement *Juppé* avec *François d'Aubert* chargé de la recherche dans un ministère de l'éducation nationale confié à *François Bayrou*. Cette réforme est entrée en application seulement quelques mois. En effet, après l'arrivée au pouvoir d'un gouvernement de gauche, en juin 1997, avec *Lionel Jospin* comme premier ministre, *Claude Allègre* comme ministre de l'Éducation Nationale de la Recherche et de la Technologie, et *Philippe Lazar* comme président de l'ORSTOM en septembre

1997, d'autres perspectives se dessinèrent qui se concrétisèrent par une nouvelle organisation de la recherche, une de plus peut on dire ! dont j'ai été témoin et dont je rendrai compte au chapitre suivant. Mon affectation à *Nouméa* et mes fonctions de Délégué ORSTOM pour le Pacifique Sud (DEPAC) prirent fin en octobre 1997.

DOCUMENT 35 : La prévision d'ENSO, document soumis au
« *Joint Scientific and Technical Committee* » de GCOS réuni
à *Abington* (UK)

WMO/IOC/ICSU/UNEP
GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM

JSTC-III/Doc. 7
(13.X.1993)

JOINT SCIENTIFIC AND TECHNICAL COMMITTEE
THIRD SESSION
ABINGDON, UK, 1-3 November 1993

ITEM: 6.2
ENGLISH ONLY

GCOS IMPLEMENTATION ISSUES

ENSO Proposal

Operational Ocean Observing System for
Short-term Climate Prediction

The Members should review the attached document,
suggest modifications and recommend future action
in regard to its publication and distribution.

DOCUMENT 36 : Le Journal « Les nouvelles calédoniennes » rend compte de la réorganisation de la recherche dans le Pacifique en 1997

R E C H E R C H E

L'Institut est à l'heure des grandes réformes

L'Orstom dans la région Pacifique

Cinquante ans après sa création, l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération se restructure en profondeur. Point fort de cette réforme, l'ancrage régional avec une prise en compte des priorités locales qui deviendront les

moteurs de futurs programmes. En Nouvelle-Calédonie, comme dans les autres territoires dont la Polynésie française, la présence des organismes de recherche s'inscrit aussi dans une politique plus générale visant à asseoir la présence française

dans la région, à exporter son savoir-faire, en participant au développement des nombreux petits pays de la zone.

Pour ce faire, l'Institut avait créé la DEPAC, Délégation Pacifique, qui aura désormais davantage les moyens de répondre à sa mission.

Q U E S T I O N S

A . . .

Chargé de représenter l'Orstom et les centres de Nouvelle-Calédonie, de Polynésie française et du Vanuatu dans l'ensemble de la région Pacifique, Jacques Merle, en poste depuis trois ans, voit avec intérêt la restructuration de l'Institut.

Les Nouvelles-Calédoniennes: Quel est l'objet de la Délégation Pacifique?

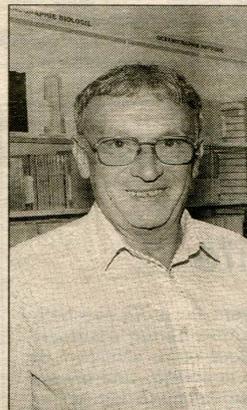
Jacques Merle: En quelques mots, il s'agit de faire connaître l'Orstom et ses activités dans l'ensemble de la région Pacifique et à développer les contacts pour définir avec les Etats directement ou au travers les organismes internationaux, les activités concourant à leur développement, tout en sachant qu'il est parfois difficile de concilier recherche, développement et coopération. Jusqu'ici cette mission était pratiquement impossible à mettre en oeuvre parce que les programmes étaient définis

à l'échelon national et parachutés en quelque sorte localement sans interactions réelles avec le Territoire et encore moins avec la région. Tout va changer avec, d'une part, la mise en place d'une politique scientifique régionale définie avec les organismes scientifiques, les autorités locales et régionales, et d'autre part, la restructuration de l'Orstom.

L.N.C.: Qu'est-ce qui va changer avec la réorganisation de l'Institut?

J. M.: L'instance centrale de l'ORSTOM va définir vingt-trois grands axes de recherche dans lesquels les centres vont devoir s'insérer par le biais des programmes qu'ils vont définir et des chantiers qui vont en découler. Le schéma de la recherche en Nouvelle-Calédonie a défini, à la demande du ministère, des priorités que l'ORSTOM de Nouméa a repris en partie, sous forme de sept grands thèmes dans lesquels vont s'insérer des actions qu'il faudra mener à bien en quatre ou cinq ans. A ces priorités régionales, se greffe la nécessité pour les chercheurs de s'engager personnellement dans un programme et un seul, et pour les centres, de rechercher des bailleurs de

Jacques Merle, délégué de l'Orstom pour le Pacifique



Jacques Merle: "Il est bon que les autorités de tutelle et les bailleurs de fonds définissent des objectifs et que les chercheurs s'engagent".

fonds locaux ou internationaux et de s'associer avec d'autres organismes de recherche.

L.N.C.: Et, en matière de coopération avec des organismes, entendez-vous aussi les organismes internationaux?

J. M.: Tout à fait. Avec la CPS, nous envisageons une étude portant sur le thon et l'environnement. A savoir comprendre comment réagissent les différentes espèces de thons aux

fluctuations climatiques et physiques de l'océan. L'Orstom a élaboré un modèle simulant l'état de l'océan. La CPS de son côté a réalisé un fichier statistique de pêche des plus complets. Le croisement de ces données, avec des modèles biologiques et halieutiques pourraient permettre de simuler la productivité de l'océan. Avec le PROE, nous pourrions travailler sur le climat, le réchauffement global de l'atmosphère ou les oscillations climatiques liées à El Nino. Avec l'USP nous mettons au point un programme d'étude des effets anthropiques de deux villes (Nouméa et Suva) sur deux lagons différents, un thème qui rejoint les préoccupations de la SOPAC.

Les sigles en toutes lettres

CPS: Commission du Pacifique Sud
PROE: Programme régional océanien de l'environnement
USP: Université du Pacifique Sud
SOPAC: South Pacific applied geoscience commission

The Noumea ORSTOM Centre



The Noumea ORSTOM Centre in figures

The Noumea ORSTOM Centre, founded in 1946, is the second largest outside of metropolitan France. It is staffed by 165 research scientists, engineers, technical and administrative personnel.

Director

François JARRIGE

Administrative Manager

Jacques GEOFFROY

DEPAC

The Noumea ORSTOM Centre hosts the "ORSTOM Delegation for the Pacific" or (DEPAC), responsible for promoting research programmes in collaboration with ORSTOM's partner countries in the Pacific region.

Head of the Delegation

Jacques MERLE

Budget

183 million French Francs or 1.5 billion FCFP or 16 million US\$.

Staff

The Noumea ORSTOM Centre's staff numbers 165, in the following capacities :

- Research scientists : 46
- Engineers, technicians, administration : 89
- Maintenance personnel : 14
- Ships crews : 16

Facilities and equipment

- Premises : 2600 m² of laboratories, 1300 m² of office space and workshops, 190 m² of greenhouses, a 280-seat auditorium, and a guest house.
- Analytical equipment : AIM, HPLC, CHN,CTD, flow-cytometer, spectrometers, liquid scintillation analyser.
- Oceangoing vessels : RV ALIS, 28.50 m long, undertakes long-term ocean cruises (in French Polynesia from 1995 to 1997); MV "Dawa", 12 m trawler-type vessel, carries out short-term missions within the New Caledonia lagoon.
- Data-processing equipment : Local "Ethernet" network, with 24 SUN workstations and 150 micro-computers, 30 individual computers not connected; three computer-assisted-drawing and computer-assisted-publication units, with their graphic output equipment (pen and electrostatic tracing tables); an image-processing station. Connected to INTERNET.
- Number of cars : 27 vehicles

Partnership

The New Caledonia Territory, 3 Provinces Island, North et South, UFP, SPC, SOPAC, PROE, CSIRO, ACIAR, NZOI...

DOCUMENT 38 : Proposition de réorganisation de la recherche, en Laboratoires, Chantiers, et Unités de Recherche dans le Pacifique

- **Laboratoire « Océanographie/climatologie »**
 - * Chantier « *ECOP* » appartenant à l'UR 1 (Delcroix, Henin,...) (On peut cependant se poser la question du chantier PALEOCEAN (Recy, Cabioch ...) appartenant aussi à l'UR 1 mais qui serait placé dans le laboratoire de Géosciences - voir plus loin).
 - * Chantier « *Impacts climat sur milieu vivant: THEMES* » (André,...) appartenant à l'UR 1

- **Laboratoire « Ecosystèmes et ressources océaniques et lagonaires »**
 - * Chantier « *ECOTROPE* » appartient à l'UR 3 , programme 631 (ex GP 24)
 - * Chantier « *Ressources océaniques hauturières* »(Grandperrin, Richer...) appartiendrait à l'UR 3, programme 632 (ex GP 31)

- **Laboratoire « Ecosystèmes et biodiversité terrestre »**
 - * Chantier « *Interactions sols, agriculture, environnement* » (Bonzon,...) appartiendrait à l'UR 4, Programme 641 (savane ex GP 34)
 - * Chantier « *Phytopathologie* » (Pellegrin, Nandris,...) appartiendrait à l'UR 5, Programme 651 (ex GP 37)
 - * Chantier « *Génétique des plantes* » (Lepierres,...) appartient à l'UR 5, programme 652 (ex GP 38)
 - * Chantier « *lutte intégrée contre les ravageurs* » (Chazeau, Brun...) appartiendrait à l'UR 5, Programme 651 (ex GP37)
 - * Chantier « *Symbiose fixatrice d'azote* » (Rinaudo, Jaffré...) appartiendrait à l'UR 5, Programme 652 (ex GP 38)

- **Laboratoire « Substances Naturelles »**
 - * Chantier « *Substances naturelles terrestres* » (Cabalion) appartenant à l'UR 7, programme 773 (ex GP 53) et relation avec Ethnopharmacologie: Pg 642.
 - * Chantier « *Substances naturelles marines* » (Debitus, Laurent,...) appartenant à l'UR 7, programme 773 (ex GP 53) et relation avec Ecosystèmes marins: UR 3

- **Laboratoire « Geosciences »**
 - * Chantier « *Risques naturels* » (Calmant, Pillet, Regnier, Pelletier,...Auzende....) appartenant à l'UR 6, programme 661 (ex GP 22)
 - * Chantier « *PALEOCEAN* » (Recy, Cabioch,...) appartenant à l'UR 1

CHAPITRE X

Retour aux responsabilités scientifiques

A mon retour de Nouvelle Calédonie, en octobre 1997, j'ai été affecté à mi-temps au siège de l'ORSTOM, à Paris, pour animer l'Unité de Recherche : *Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux*. Elle rassemblait plus d'une centaine de chercheurs et d'ingénieurs appartenant aux domaines de l'océanographie physique et chimique, mais aussi à l'hydrologie, à la géologie et à la climatologie. Pour l'autre mi-temps, j'étais affecté au LODYC, cette UMR en partenariat avec l'université, le CNRS et l'ORSTOM, dans l'enceinte de l'Université *Pierre et Marie Curie* sur le campus de *Jussieu*. Au LODYC j'occupais les fonctions de directeur adjoint. J'ai déjà noté l'inconfort de cette situation, assise entre deux chaises. Mais, en fait, l'enchaînement des urgences fit rapidement, presque à mon insu, pencher les plateaux de la balance du côté de mes activités au siège de l'ORSTOM. Cette UR ORSTOM n'était cependant pas totalement indépendante de l'UMR LODYC car une de ses équipes était intégrée dans le LODYC. Néanmoins mes fonctions de directeur adjoint du LODYC pâtirent incontestablement de mon implication dans la gestion des activités scientifiques de l'ORSTOM et, en fait, je n'ai passé en moyenne que le quart de mon temps à l'université pour y exercer mes fonctions au LODYC.

Dans la suite de ce chapitre je présenterai mes activités au sein du LODYC, puis mon implication dans l'animation de l'UR ORSTOM : *Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux*, et enfin mes fonctions nouvelles relevant de la direction du *Département Milieux et Environnement (DME)*

d'environ 300 personnes. Ce nouveau département résultait de la réorganisation de l'ORSTOM qui, comme indiqué précédemment, avait changé de nom pour devenir en mai 1999 l'IRD.

Retour au LODYC

Après mon deuxième séjour en Nouvelle Calédonie des années 1993-1997, j'ai réintégré le LODYC en octobre 1997 dans les fonctions de directeur adjoint sous la direction de *Philippe Courtier* ingénieur de la météorologie connu sur le plan scientifique pour son implication dans les techniques d'assimilations des observations météorologiques dans les modèles. Il succédait à *Liliane Merlivat*, ingénieure venant du CEA. J'ai relaté précédemment les péripéties des premiers pas de cette UMR qui s'est construite sur les ruines du LOP (Laboratoire d'Océanographie Physique) du Muséum en s'agglomérant au groupe de *Claude Frankignoul* et à des éléments du CEA importés par *Liliane Merlivat*, ainsi qu'au groupe ORSTOM que j'avais amené dans les locaux de l'université *Pierre et Marie Curie* (Chapitre V).

Le LODYC, (UMR 7617, anciennement 121) créé en 1984, avait été renouvelé plusieurs fois et en janvier 1998, à la suite de recommandations des sections 12 et 13 du *Comité National de la Recherche*, son dernier renouvellement recouvrait seulement une période de trois ans de 1997 à 2000 par décision du ministère de la recherche. Les tutelles du LODYC étaient le CNRS représenté par son *Département des Sciences de l'Univers*, l'ORSTOM par son département TOA (*Terre-Océan-Atmosphère*), et bien évidemment l'université Paris VI par son *UFR 924*. Le contrat quadriennal liant le CNRS à l'université Paris VI avait été signé en avril 1998 et celui la liant à l'ORSTOM un peu après. Par ailleurs le LODYC faisait partie de l'IPSL (*Institut Pierre-Simon Laplace*), créé par *Gérard Mégie*, fédérant six unités de recherche des sciences de l'environnement global. Ces unités de recherche étaient regroupées sur plusieurs campus d'*Ile de France* et au total représentaient plusieurs centaines de scientifiques parmi lesquels plus de 80 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs étaient installés sur le campus de *Jussieu*. Le LODYC se positionnait ainsi au cœur d'un impressionnant rassemblement de compétences scientifiques dans le domaine des sciences de l'environnement en *Ile de France*.

La vocation première du LODYC, en sa qualité de Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie, était de se concentrer sur l'étude des processus dynamique gouvernant la circulation océanique. La connaissance de cette circulation océanique était la clé de la compréhension des mécanismes régissant l'évolution du système climatique terrestre. Ces études s'étendaient sur des échelles de temps caractéristiques des processus physiques individualisés depuis la méso-échelle jusqu'aux échelles paléo-climatiques, incluant les cycles biogéochimiques, en particulier celui du carbone qui met en jeu la biosphère marine (Encart 8).

Encart 8

Catégories d'activités présentes au LODYC

- Activités expérimentales, notamment les campagnes à la mer ;
- Activités de développement instrumental ;
- Activités d'interprétation d'observations spatiales et *in situ* ;
- Activité de modélisation théorique, conceptuelle et statistique avancée ;
- Activité de modélisation numérique ;

Projets et équipes thématiques

- Cycles biogéochimiques
 - * Modélisation
 - * Observations spatiales et In situ
- Variabilité climatique
 - * Prévisibilité
 - * Analyse statistique
 - * Flux indo-pacifique
 - * Paléoclimatologie
- Processus fondamentaux par régions
 - * Méditerranée
 - * Arctique
 - * Atlantique tropical
 - * Confluence Atlantique sud

Le laboratoire participait également activement à l'enseignement supérieur et accueillait des doctorants dans les domaines de l'océanographie, de la climatologie, de l'étude des cycles biogéochimiques océaniques, et des méthodes statistiques avancées en géophysique. Cet enseignement était dispensé principalement dans le cadre de l'*Université Paris VI*, mais aussi de l'*Université Versailles Saint-Quentin*, de l'*Université Paris VII*, et de l'ENSTA (*École Nationale Supérieure des Techniques Avancées*).

Le directeur, *Philippe Courtier*, m'a chargé d'assurer l'interface entre l'administration et les équipes scientifiques pour la gestion des moyens, des missions, et des locaux. J'ai aussi contribué à l'animation scientifique du laboratoire en participant à son *Conseil de Laboratoire*, instance de représentation démocratique du personnel face à la direction de l'unité. Mes activités scientifiques personnelles ont cependant été très réduites durant cette période faute du temps nécessaire. Mon implication externe dans la direction de l'UR 1 de l'ORSTOM m'occupait beaucoup. J'ai cependant pu répondre positivement à la demande de la présidence de l'université de rédiger un article interne présentant le thème scientifique fédérateur de cette UMR, à savoir les relations entre l'océan et le climat telles qu'elles étaient comprises en 1999 (Document 39). Le réchauffement climatique soulevait alors des questions encore sans réponses, auxquelles on a maintenant partiellement répondu. La responsabilité de l'homme dans ce réchauffement, qui maintenant ne fait plus aucun doute, était encore discutée et mon article faisait état de ces incertitudes. De même j'évoquais avec prudence les prévisions de l'évolution du climat et de son réchauffement à l'aide des simulations numériques, qui maintenant ne sont plus contestée que par de rares irréductibles « climato-sceptiques ».

Direction de l'UR « *Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux* »

Parallèlement à mes activités au LODYC sur le campus de *Jussieu*, j'étais chargé par l'ORSTOM - à son siège rue Lafayette - de la direction de l'UR 1, cette grosse Unité de Recherche qui recouvrait presque toutes les disciplines des sciences environnementales. *Jean Némo*, Directeur Général depuis mars 1995 appliquait les directives de *François d'Aubert* alors ministre de la recherche. Comme indiqué chapitre IX, la politique de recherche devait maintenant

s'inscrire dans un *programme d'orientation stratégique de la recherche*. C'est dans un tel cadre que la direction générale de l'ORSTOM avait mis en place six Unités de Recherche dont l'UR 1, que j'étais chargé d'animer. Ces imposantes nouvelles UR étaient plus proches de la taille d'un département que de celle des UR précédentes d'une dizaine de chercheurs.

L'UR 1 rassemblait trois communautés scientifiques : (i) Des océanographes physiciens et chimistes ; (ii) des hydrologues incluant des glaciologues et des climatologues ; (iii) des géologues du quaternaire avec des paléoclimatologues. Jusqu'ici ces disciplines scientifiques n'avaient pas eu l'occasion de travailler ensemble sur un objectif commun. Cet objectif maintenant clairement identifié était centré sur le climat ; il pouvait s'exprimer en une phrase : *comprendre certains mécanismes affectant les climats actuels et passés, et en mesurer les impacts sur le milieu tropical à travers son vecteur principal : l'eau*. J'avais déjà dirigé en deux occasions une Unité de Recherche, rassemblant seulement des océanographes dans l'étude des mécanismes d'interaction entre l'océan et l'atmosphère. Prendre en compte les climats passés, et surtout les impacts des variations du climat actuel à travers l'eau, principal facteur de développement des pays du Sud, obéissait à une logique scientifique nouvelle et allait dans le sens de la mission spécifique de l'institut orientées vers l'aide au développement du Sud.

Mais un tel rassemblement de compétences donnait à cette UR une dimension redoutable : une centaine de chercheurs et ingénieurs plus quelques dizaines de personnels administratifs de soutien répartis dans une dizaine d'implantations en métropole, outre-mer et à l'étranger. Par ailleurs ces communautés scientifiques, bien que se connaissant, n'avaient pas eu jusqu'ici l'occasion de travailler ensemble et d'interagir en visant un objectif scientifique commun. Des restructurations étaient nécessaires en identifiant clairement les objectifs de chacune de ces disciplines scientifiques. Mais plus importantes encore étaient les interfaces entre ces domaines scientifiques et ces projets qu'il fallait clarifier et expliciter dans le sens d'un objectif général qui pouvait s'exprimer de façon encore plus détaillé : *Observer et comprendre les variations actuelles et passées du climat dans le milieu tropical. Participer à l'étude des mécanismes fondamentaux qui déterminent ces variations jusqu'à leur prévision. Évaluer l'impact de ces variations sur la ressource en eau et sur les autres facteurs de l'environnement aux échelles locales et régionales*.

Six projets avec des objectifs plus précis encore, concouraient à cet objectif général (Encart 9).

Les trois premiers projets : ECOPA, SUMOO et CATCH se rattachaient à un thème commun : « *Étude des mécanismes d'interaction entre l'océan, l'atmosphère et les continents* » et étaient déjà reliés entre eux. Le plus fondamental et le plus amont, ECOPA, étudiait les interactions océan-atmosphère, et devait fournir des connaissances et des produits (simulation numérique de l'évolution de l'océan, jeux de données, prévision,...etc.) utiles aux deux autres projets. SUMOO couplait la variabilité climatique et océanique au mécanisme de production de matière vivante océanique en suivant le parcours du carbone (modèle bio-géo-chimique couplé à un modèle physique). CATCH couplait les modifications de la circulation atmosphérique induite par la variabilité du climat au régime des précipitations et au cycle de l'eau. Ces deux derniers projets SUMOO et CATCH s'appuyaient sur les résultats du premier : ECOPA, pour prendre en compte l'interaction fondamentale entre l'océan et l'atmosphère.

Les trois autres projets : PVC, NGT, PALEOCEAN relevaient d'un thème de recherche un peu différent attaché à la dimension temporelle de l'étude du climat. L'étude des climats passés, de leur variabilité propre et de leurs relations avec les autres facteurs environnementaux océaniques et continentaux, était indispensable pour comprendre en profondeur ce qui se passe dans le présent. Par ailleurs certains facteurs définissant notre environnement actuel, par exemple le couvert forestier, dépendent étroitement des conditions climatiques passées selon des échelles temporelles de l'ordre du millénaire ou plus. Les paléo-enregistrements des climats passés du quaternaire récent au moins (holocène) étaient donc très précieux. C'est ce qui justifiait l'individualisation des trois opérations de ce thème qui se distinguaient des précédentes par des approches méthodologiques différentes propres à leurs disciplines d'origine : la géologie, la glaciologie, la paléoclimatologie. PVC étudiait la variabilité climatique des milieux continentaux au cours des derniers siècles jusqu'au quaternaire récent (Holocène). PALEOCEAN, étudiait la variabilité des températures de l'océan au cours des quatre derniers siècles et pendant le quaternaire récent (entre - 6000 et - 7000 ans). NGT étudiait le comportement des glaciers tropicaux en liaison avec les changements climatiques qui les affectent ou qui les ont affectés dans un passé récent (quelques centaines d'années) en prélevant des carottes dans les glaciers tropicaux des *Andes*, de l'*Afrique* et de l'*Asie*.

Encart 9

Les Projets de l'UR *Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux*

Projet ECOPA *Étude Climatique dans les Océans Pacifique et Atlantique*. L'objectif était : « Observer et comprendre les mécanismes d'interaction entre l'océan et l'atmosphère à l'origine d'événements climatiques interannuels et saisonniers affectant les océans tropicaux Pacifique et Atlantique »

Projet SUMOO *Synthèse et Utilisation de la Matière Organique Océanique*. L'objectif était : « Observer et comprendre les mécanismes à l'origine de la variabilité des flux de carbone dans les océans tropicaux et les relations entre la variabilité océanique liée au climat et la variabilité des ressources halieutiques »

Projet CATCH *Couplage de l'Atmosphère Tropicale et du Cycle Hydrologique*. L'objectif était : « Comprendre et caractériser la relation entre les systèmes convectifs atmosphériques tropicaux et le régime des précipitations ainsi que la réponse des systèmes hydrologiques à ces précipitations »

Projet NGT *Neige et Glaciers Tropicaux*. L'objectif était : « Observer, comprendre et modéliser le comportement des glaciers tropicaux sous l'effet de la variabilité climatique et prévoir leurs changements ainsi que ceux de la ressource en eau qui leur est attachée et les risques qu'ils peuvent générer »

Projet PVC *Paléoclimatologie et Variabilité Climatique*. L'objectif était : « Caractériser et comprendre les oscillations climatiques passées du quaternaire récent en relation avec l'ensemble des paramètres environnementaux du milieu tropical continental incluant les modifications du couvert végétal ».

Projet PALEOCEAN *Paléo-océanographie*. L'objectif était : « Caractériser et comprendre les variations de la température de l'océan au cours du quaternaire (holocène et pléistocène) ».

Ces trois projets avaient en commun l'étude du passé climatique lorsque l'activité humaine avait encore peu d'impact sur notre environnement et où donc cette variabilité était due à des causes naturelles. Les approches individualisées de ces trois communautés scientifiques par des méthodes et des données qui leur sont propres et dans des milieux différents, facilitait des recoupements et la construction de scénario décrivant ce qu'était la réalité de la variabilité climatique naturelle avant l'ère industrielle et quels étaient ses impacts sur l'environnement tropical.

Mais au delà des interfaces disciplinaires qu'il fallait ajuster, des *actions transversales communes* contribuaient à lier et intégrer les six opérations pour atteindre les objectifs généraux du programme. Elles permettaient aussi d'infléchir des opérations menées pendant la durée (quatre ans) du programme et éventuellement d'ouvrir des pistes nouvelles de recherche en croisant les résultats, les méthodes et les données d'une opération à l'autre. Les actions transversales, qui étaient communes à l'ensemble des projets, étaient particulièrement nécessaires dans un programme rassemblant des communautés scientifiques étrangères les unes aux autres au départ et qui avaient rarement eu l'occasion avant de mettre en commun leurs méthodes et leurs résultats.

L'action transversale *El Niño et ses impacts* était de nature thématique. Toutes les opérations de recherche proposées avaient à prendre en compte ce signal climatique le plus marqué de la ceinture tropicale qui se manifeste à une fréquence interannuelle. Ce phénomène doit être compris dans ses manifestations et ses impacts actuels et passés à différentes échelles temporelles y compris géologiques.

L'action transversale *modèles et données* visait à mettre en commun l'ensemble des outils de diagnostic et de simulation des phénomènes étudiés, y compris El Niño.

L'action transversale *mesure chimiques et traceurs*, comme pour les modèles et les données, devait permettre l'échange de savoir-faire, et la mise en commun des moyens d'analyse et des données.

L'UR 1 a été officiellement créée au cours de l'été 1997 et j'en ai assuré la direction à partir de mon retour de *Nouvelle Calédonie* en octobre 1997 jusqu'à la mise en place d'une nouvelle structure de programmation consécutive au changement de l'équipe de direction qui répondait à un changement politique au sommet de l'État. Comme indiqué à la fin du chapitre IX, un nouveau gouvernement s'était mis en place en juin 1997 avec *Claude Allègre* comme ministre de la recherche et *Philippe Lazar* comme président de l'ORSTOM nommé en octobre 1997. Néanmoins *Jean Némó* resta Directeur Général jusqu'en juin 1998 et l'organisation des structures de recherche qu'il avait mit en place (UR – Départements), notamment l'UR 1, demeurèrent en fonction jusqu'en mai 1999. Cependant une évolution progressive vers une autre structure de recherche commença à se dessiner à partir de la fin de l'année 1998 lorsqu'un premier appel à propositions pour constituer de nouvelles Unités de Recherches a été lancé dès septembre 1998 par *Philippe Lazar* et *Jean-Pierre*

Muller le nouveau Directeur Général qu'il venait de nommer. L'UR 1 a donc eu une durée de vie courte, à peine une année. A partir du deuxième semestre 1998, j'ai été très occupé par la difficile transition entre cette grosse UR 1 « type *Némo* » que je dirigeais et les nouvelles UR « type *Lazar* », de dimensions beaucoup plus modestes, que j'étais chargé de faire émerger. Par ailleurs la réforme *Lazar-Muller* insistait aussi beaucoup pour que le plus possible d'UR ORSTOM entrent dans des UMR en coopération avec les Universités et les autres instituts de recherche comme le CNRS. Ce fut donc une période agitée marquée par une réorganisation profonde à la fois des structures de recherche mais aussi des structures administratives de l'institut. Cette évolution rapide, sous la vigoureuse impulsion du *Philippe Lazar*, tendait à pousser l'ORSTOM, qui devenait l'IRD, vers le statut et le fonctionnement d'un organisme avant tout dévolu à la recherche et reconnu comme tel par ses organismes frères : CNRS, INRA, INSERM, IFREMER...etc. grâce à son insertion dans le tissu scientifique national.

Direction du Département Milieux et Environnement DME

Comme indiqué précédemment, la transformation de l'ORSTOM en IRD avec ce que cela impliquait en termes de redéfinition des objectifs, des structures administratives et de la recherche commença dès le début du mandat du président *Lazar*, fin 1997, mais s'intensifia à partir du second semestre 1998 lorsqu'un appel d'offre fut lancé aux chercheurs. Il leur était proposé de constituer de nouvelles Unités de Recherche beaucoup plus petites que les précédentes avec un noyau dur limité à une dizaine de chercheurs centré sur un objectif unique bien identifié. C'était une démarche inverse de celle qu'avait entrepris la direction précédente de *Jean Némo*. Progressivement ces nouvelles UR se mirent en place en démantelant les imposantes UR précédentes telles que l'UR 1 que je dirigeais. Mais trois nouveaux départements scientifiques furent créés pour encadrer ces nouvelles « petites » UR, bien que leur nécessité fut un moment discutée et mise en doute : Il s'agissait du Département Milieux et Environnement (DME), du Département Ressources Vivantes (DRV) et du Département Sociétés et Santé (DSS). Sollicité, j'acceptai de prendre la direction du DME à partir du premier mai 1999. J'abandonnai alors

définitivement le LODYC pour me consacrer à plein temps à cette nouvelle tâche d'animation et de gestion de la recherche à un niveau plus élevé.

Ces trois années passées à la direction du DME furent difficiles. La réforme de l'institut bouleversait considérablement la répartition des responsabilités et les règles de gestion que les départements antérieurs étaient chargés d'appliquer. Il fallait néanmoins que le travail des chercheurs puisse se poursuivre, d'où une permanente jonglerie entre la direction, l'administration et les chercheurs pour assurer l'essentiel et permettre la mise en place progressive de la nouvelle structure. Dans ce contexte assez agité, la mission la plus noble des départements, l'animation scientifique, a forcément été pénalisée. J'ai néanmoins pu concentrer mon attention sur quelques dossiers scientifiques prioritaires dont je rendrai compte après la présentation générale du contenu de ce département DME avec ses thématiques scientifiques et ses Unités de Recherche.

Le département DME comptait environ 350 personnes réparties en trois catégories : chercheurs, ingénieurs et techniciens, administratifs, dont plus de la moitié étaient affectés à l'étranger ou dans des DOM-TOM. Ce département rassemblait 23 Unités de Recherche et de Service qui recouvraient presque tous les domaines des sciences de l'environnement dans leurs relations avec le développement. Ces sciences environnementales sont les plus amont des domaines de recherches menées par l'IRD dans sa mission d'accompagnement du développement du Sud. La Terre solide et les deux enveloppes fluides qui l'entourent, l'hydrosphère et l'atmosphère, sont les milieux naturels dans lesquels les hommes vivent. Mais les régions où les relations hommes, milieux et environnement sont parmi les plus tendues sont justement celles du Sud où le développement est encore modeste et surtout tributaire des ressources naturelles. Cependant ce développement souhaité est susceptible d'engendrer rapidement des nuisances irréversibles sur le milieu compte tenu de sa fragilité naturelle. Ces réflexions situent néanmoins bien le difficile équilibre des politiques scientifiques à mener à la charnière de la dualité environnement-développement.

Les recherches menées sous la bannière de ce nouveau département, DME, n'étaient pas très différentes de celles proposées par l'UR 1 précédente. Mais elles étaient présentées différemment. Elles s'organisaient autour de quatre grands secteurs : 1) le climat, sa variabilité et ses impacts ; 2) l'eau, sa

disponibilité et ses relations avec les sols ; 3) la Terre solide, les ressources et les risques naturels qui lui sont associés ; 4) la biosphère dans sa relation avec les paramètres environnementaux précédents.

Le premier secteur : *le climat, sa variabilité et ses impacts*, étaient déjà au cœur des préoccupations des sociétés et des gouvernements du Nord et du Sud à la fin du XX^{ème} siècle. On en a parlé abondamment, mais on peut rappeler ici que l'instabilité du climat aux différentes échelles spatio-temporelles s'est imposée comme une priorité de la recherche à partir des années 1970. L'incidence des variations climatiques sur les sociétés développées ou en développement est déterminante dans de nombreux secteurs de l'économie et conditionne le devenir même de ces sociétés. Des secteurs économiques comme l'agriculture, l'énergie, l'habitat, les ressources en eau, voire le tourisme et la santé peuvent être affectés par le changement climatique. Une évolution conceptuelle avait déjà émergé fondée sur une prise de conscience de la globalité et de la pluridisciplinarité des problèmes que pose la compréhension du climat, résultat de l'interaction complexe de plusieurs milieux : atmosphère, hydrosphère, cryosphère et biosphère. Les régions tropicales, qui occupent plus d'un tiers de la surface du globe, jouent un rôle privilégié dans la dynamique du climat par la proximité de l'Équateur et ces régions sont particulièrement sensibles aux impacts de sa variabilité.

Le deuxième secteur : *la dynamique et les usages de la ressource en eau* était aussi au cœur des préoccupations depuis la fin du XX^{ème} siècle. La gestion rationnelle de l'eau et le maintien d'une qualité et d'une quantité suffisante est une des conditions essentielles du développement durable des pays à faible revenu. Optimiser l'exploitation des systèmes naturels (eau, sol, végétation) et anthropiques (Hydro-systèmes aménagés, cultures irriguées, aquaculture) sans mettre en cause leur durabilité, est une impérieuse nécessité face à l'accroissement de la production agricole et de la demandes énergétique, base du développement économique et social de nombreux pays pauvres. L'élaboration de solutions implique de caractériser et de prévoir la variabilité de la ressource en eau dans l'espace et dans le temps. À ces fins, des recherches doivent être menées dans ce secteur sur le fonctionnement physique et chimique des bassins versants, depuis les échelles locales jusqu'aux échelles régionales. L'eau doit être considérée d'un triple point de vue : agent d'altération (interaction avec la géosphère, en particulier les sols), vecteur de transport d'éléments (bilan de carbone, d'azote ...etc.) et ressources renouvelables (quantité, qualité).

Le troisième secteur : *l'approche géodynamique des ressources minérales et des risques naturels* concernait la presque tous les pays en développement. Dans de nombreuses régions, l'exploration du sous-sol offre encore la possibilité de fructueuses exploitations favorisant le développement. Leur prospection doit s'appuyer sur des modèles issus de l'étude de la dynamique interne et de surface de la Terre. Par ailleurs, les risques naturels constituent une menace permanente pour les populations ; seules leurs prévisions et l'éducation des populations en atténueront les effets. Les programmes de géosciences visent à reconstituer l'histoire géodynamique de régions sensibles (Pacifique sud-ouest, Andes) ainsi qu'à définir les causes et les modes de déclenchement de phénomènes destructeurs comme les tremblements de terre, les tsunamis, les éruptions volcaniques, les glissements de terrain. Les mouvements des plaques entraînent également des déformations de la lithosphère. Ces déformations s'accompagnent de transfert de matière entre les profondeurs et la surface. En surface, des modifications se produisent en continu du fait de processus d'altération chimique et physique et contribuent à modifier le paysage ainsi que la répartition des zones cultivables.

Le quatrième secteur : *la biodiversité continentale, littorale et marine dans ses rapports à l'environnement* s'adressait à la vie sous toutes ses formes. Les écosystèmes aquatiques, qu'ils soient marins, littoraux ou continentaux assurent une part importante du revenu et sont la base de l'alimentation de nombreux pays en développement. Les ressources qui en sont tirées présentent souvent des signes de surexploitation. Ces systèmes sont des écosystèmes fragiles dont le fonctionnement est encore souvent mal compris. L'évolution de l'environnement climatique et ses conséquences sur la ressource en eau et sa disponibilité notamment, peuvent avoir des répercussions immédiates et durables sur ces écosystèmes. L'objectif était de comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes naturels, ou exploités ou exploitables, afin d'aider à la rationalisation de leur gestion durable. Cela impliquait de connaître leur variabilité naturelle ainsi que leurs interactions avec les variations du milieu environnant auquel ils sont soumis - climat, eau, pression anthropique - par les différents usages qui sont faits de ces écosystèmes.

A l'époque où j'ai quitté les fonctions de directeur de ce Département Milieux et Environnement j'ai jugé mon bilan peu satisfaisant. Je mettais en cause l'imprécision des fonctions des départements à la charnière entre la science et la gestion de la science sous la tutelle contraignante de

l'administration et de ses règles. La mission principale d'un département de recherche devrait être l'animation scientifique. Mais, dans une période de restructuration aussi tourmentée, des missions secondaires devenaient incontournables et prioritaires. Les principales qui devaient être assurées coutraient autour de la médiation et de l'interface entre les unités de recherche, la direction générale, et l'administration auquel s'ajoutait aussi la représentation de l'institut dans le contexte national et international. Durant ces deux années de transition, l'animation scientifique est donc passée au second plan au profit de ces tâches de médiation précitées. Il était en effet nécessaire en priorité que le département fasse en sorte que les programmes de recherche se poursuivent, évitant ainsi un freinage excessif de la productivité scientifique consécutive à cette lourde et profonde réforme qui se mettait en place. Ainsi une grande partie de l'activité du département s'est consommée dans la résolution de multiples petits problèmes individuels venant souvent de responsables d'UR et de chefs d'équipes devant faire face à des difficultés que l'administration ou la direction ne pouvait satisfaire. De fait la presque totalité des contacts entre les directeurs d'unité et la Direction Générale passait par le département, notamment pour les arbitrages et les décisions concernant les attributions de crédits, les expatriations, les recrutements de personnel temporaire, les accueils...etc. Les instruments de gestion et de décision de l'appareil dirigeant de l'institut, passant par les départements, devait être analysés et reconstruits. C'est d'ailleurs ce que diagnostiqua un « cabinet conseil » étudiant le fonctionnement des services du siège. Il recommanda que les procédures de gestion scientifique et le rôle des départements fasse l'objet d'une étude plus détaillée. Certes, les départements de l'IRD, contrairement à ceux de l'ORSTOM antérieurement, étaient partie intégrante de la direction et avaient leur mot à dire sur les arbitrages et les décisions directoriales, ce qui les responsabilisait et les engageait, mais ne leur permettaient pas de suivre les conséquences de ces décisions et d'assurer l'indispensable animation de la recherche.

En dépit de ces difficultés, l'animation scientifique ne fut pas totalement absente des préoccupations de mon département durant ces trois années. Outre l'incitation à la construction de nouvelles Unités de Recherche, si possible Mixtes, qui prit presque deux années complètes, des dossiers de recherche ont avancé. J'en cite quelques-uns parmi ceux qui connurent ensuite un certain développement : L'étude de la *Mousson Africaine* bâtie sur le programme CATCH devint un programme national et européen sous le sigle AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine). Le chantier

Géosciences andines coordonnant l'étude géophysique des *Andes* en coopération avec le *Chili*, le *Pérou*, et l'*Équateur* a été poursuivi. Le réseau PIRATA dédié à l'observation opérationnelle de l'Atlantique tropical en coopération avec le *Brésil* et les *États-Unis*, a été intégré dans le programme international GOOS. Le réseau d'observatoires africains de l'environnement, ROSELT, sous la tutelle de l'*Observatoire Sahara Sahel* (OSS) a poursuivi son chemin. Enfin le dossier dans lequel je me suis le plus impliqué est celui de la mise sur pied de MERCATOR-OCEAN, ce GIP rassemblant cinq organismes du domaine météo-océanique : CNES, Météo-France, SHOM, IFREMER et ORSTOM/IRD, pour offrir à des usagers potentiels des produits d'observation et de prévision de l'océan. Ce prélude d'un *centre d'océanographie opérationnelle* français s'est concrétisé en devenant le fer de lance d'une océanographie opérationnelle européenne dans le cadre du GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) qui s'est mis en place à partir de 2010 dans la perspective de suivre et prévoir l'évolution de l'océan global notamment dans ses rapports avec l'atmosphère et le changement climatique.

Fonctions représentatives

La direction d'un département scientifique de plus de 300 personnes appartenant à un *Établissement Public Scientifique et Technique (EPST)* tel que l'ORSTOM-IRD, impliqué dans plus d'une vingtaine d'UMR pluri-organismes, s'accompagne inévitablement de fonctions représentatives auprès de nombreuses instances nationales et internationales. Au-delà de celles ayant donné lieu à des affectations prolongées, mentionnées chapitre IX, je rapporte ici quelques unes de ces représentations parmi les plus significatives.

Au plan national j'ai participé à des conférences-débats grand public initiées par des institutions scientifiques. J'ai été invité par la *Cité des Sciences et de l'Industrie* en juin 1998, à dialoguer sur le thème de *l'homme face aux changements climatiques*, avec *Jean-François Minster*, alors directeur de l'Institut des Sciences de l'Univers (INSU) et *Olivier Godard*, économiste, directeur de recherche à l'école des hautes études (Document 40). En janvier 2002, toujours à la *Cité des Sciences et de l'Industrie*, j'ai animé une conférence avec *Philippe Ciais*, *Hervé Le Treut* du CNRS, et *Jean-Louis Fellous* du CNES,

sur le thème *Changement climatique et citoyenneté* avec une présentation sur : *La variabilité climatique inter-annuelle : le phénomène El Niño* (Document 41). En novembre 2001 j'étais invité à la conférence de presse organisée à l'occasion du lancement par le CNES et la NASA du satellite altimétrique JASON 1. En 2002, j'ai accompagné *Roger Bambuck*⁶⁷, chargé des relations avec les DOM-TOM, dans une visite des équipes ORSTOM implantées sur l'île de *la Réunion* en relation avec l'université locale.

Au plan international, j'ai été associé à l'animation de plusieurs institutions de recherche étrangères dans les domaines de l'océanographie et de la climatologie. En Europe je mentionnerai mon appartenance au conseil scientifique de l' (*Institut für Mereskunde an der Universität Kiel - Institut de Recherche Marines de l'Université de Kiel*) en *Allemagne*. Cet institut océanographique est un des plus connus en Europe et dans le monde. Il y avait toujours eu traditionnellement un français dans ce conseil scientifique depuis que le professeur *Le Floch* de l'*Université de Bretagne Occidentale* avait établi des relations, dans les années 1960, avec son homologue allemand de l'université de *Kiel*, le professeur *Günther Dietrich* qui succédait au célèbre *George Wüst*. Je fus nommé à ce comité en 1991 pour un mandat de six ans. Cet institut, historiquement dédié à l'étude de la *mer Baltique* et la *mer du Nord*, était surtout connu pour sa maîtrise de l'observation de l'océan en utilisant des navires imposants dotés des techniques de mesures en mer parmi les plus modernes. Il était l'héritier des grands découvreurs d'océan de l'Europe du Nord que furent les norvégiens, suédois, danois et allemands. Mais il abritait aussi des théoriciens comme l'avait été *Günther Dietrich* et plus récemment *Wolfgang Krauss* et *Jurgen Willebrand*. J'avais des collègues et amis dans cet institut : *Gerold Siedler*, très engagé dans GATE et qui devint plus tard président du SCOR, *Fritz Schott*, trop tôt disparu, après s'être impliqué, avec son équipe, dans les chantiers atlantiques tropicaux du programme international WOCE. J'ai beaucoup apprécié et beaucoup appris de la fréquentation de ces océanographes rigoureux, particulièrement aguerris pour le travail de collecte d'observation en

⁶⁷*Roger Bambuck*, bien connu des sportifs pour son record du monde du 100 m en athlétisme, m'a fait en 2001 le grand honneur de me décorer du grade d'officier de l'ordre national du mérite.

Je n'oublierais pas également l'après midi que nous avons passé dans le bureau du sénateur *Paul Vergès* qui nous a entretenu de sa perception des îles et de leur magie. Il s'intéressait déjà au climat avant de devenir le président de l'ONERC (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique).

mer. J'ai peut-être aussi en retour contribué à ce qu'ils s'intéressent aux « curiosités » des océans tropicaux et à leurs rôles dans la circulation générale de l'océan mondial comme en atteste peut-être le programme d'étude de la « *Warm Water Sphere* » qu'ils mirent au point à la fin des années 1990 sous l'impulsion principale de *Wolfgang Krauss* et *Fritz Schotts*. J'avais plaisir à passer trois ou quatre jours tous les ans dans cet institut pour éplucher les activités de ces océanographes du Nord et écouter leurs jeunes chercheurs et leurs étudiants.

Aux *États-Unis* j'ai été membre de l'ISTAC (*International Scientific and Technical Advisory Committee*) de l'IRI (*International Research Institute for Climate Prediction*), évoqué précédemment. Ce comité scientifique et technique était composé d'une vingtaine de membres de différentes disciplines : océanographie, climatologie, hydrologie, agronomie, santé, sciences sociales, appartenant à plusieurs pays : *États-Unis, Angleterre, Canada, Australie, France, Brésil, Japon, Taiwan*, et plusieurs pays africains. Je n'oublierai pas ma participation invitée à l'inauguration d'un nouveau bâtiment, le *Monell Building*, abritant l'IRI au sein du campus du LDGO (*Lamont Doherty Geological Observatory*), inauguré par le président de *Columbia*, l'une des plus prestigieuses universités des *États-Unis*. Je partageais cet honneur avec l'administrateur de la NOAA, le secrétaire Général de l'OMM et de nombreuses personnalités du monde universitaire américain et étrangers (Document 42).

L'IRI avait pour objectif de développer les applications de la prévision climatique dans les régions tropicales à l'usage des pays du Sud, en s'appuyant sur les acquis de la recherche dans le cadre du programme international TOGA (Chapitre VI). De ce fait les missions de cet institut étaient voisines de celles de l'IRD dans le domaine du climat. Et de fait une coopération, que j'avais fortement appuyée, s'était déjà concrétisée entre les deux institutions pour l'organisation conjointe de symposiums de formation de cadres scientifiques du Sud dans le domaine de l'impacts de la variabilité du climat. L'un de ces symposiums s'est tenu à *Bamako (Mali)* en mars 1999 sur le sujet : *climat et santé* ; un autre s'est tenu à *Nouméa (Nouvelle-Calédonie)* en décembre 2000 sur le sujet : *climat et pêches pélagiques*. Ces symposiums étaient organisés par mon collègue et ami *Yves Tourre*, alors en poste à l'IRI, avec qui j'avais travaillé vingt ans plus tôt lorsque nous « colonisions » des bureaux dans la tour 15 de *Jussieu* pour créer l'UMR, devenue le LODYC, dont j'ai abondamment fait état antérieurement (Chapitre V et VIII).

Cependant aucun accord formel de coopération ne fut signé entre l'IRI et l'IRD malgré mon souhait et celui du directeur de l'IRI de cette époque, le

brésilien *Antonio Divino Moura* que l'ORSTOM avait bien connu dans le cadre d'accords de coopération entre le *Brésil* et la *France*. La direction de l'IRD jugeait l'IRI trop dominé par les américains pour engager une coopération équilibrée avec cet organisme, notamment en Afrique où une certaine concurrence existait de longue date entre français et américains dans les domaines de recherche touchant au climat et au développement. L'IRD, qui succédait à l'ORSTOM, voulait garder son indépendance vis-à-vis des institutions de recherche anglo-saxonnes⁶⁸. Malgré tout, les objectifs poursuivis par l'IRI ouvraient une porte sur des applications concrètes de la prévision climatique en directions des sciences sociales, incluant les questions économiques, sociétales et politiques. Ces initiatives se situaient dans le prolongement de la grave question de l'impact du changement climatique sur le développement du Sud et j'ai regretté que l'on ne s'y associe pas. En dépit de ce refus de l'IRD de signer un accord de coopération avec l'IRI, mon appartenance à son comité scientifique et technique fut maintenu. Ce contact m'apporta une vision plus claire des aspects sociétaux de la question climatique à prendre en compte dans l'animation du département que je dirigeais.

⁶⁸ Une anecdote au sujet de l'ORSTOM et de sa nouvelle appellation l'IRD. Au cours d'une réunion du conseil scientifique et technique de l'IRI, ma déclaration d'appartenance à l'IRD a suscité peu d'attention. Mais, au cours des débats, un agronome australien a fait référence avec éloge à un organisme français : l'ORSTOM, qui selon lui pouvait être considéré comme un modèle réussi de la relation entre la science, ses applications et les sociétés du Sud. J'ai alors fait discrètement remarquer que mon organisme : l'IRD s'était appelé antérieurement l'ORSTOM, au grand étonnement des participants qui connaissaient très bien l'ORSTOM mais bien peu l'IRD.

DOCUMENT 39 : Exposé (1ère page) du thème scientifique fédérateur du LODYC à la demande de la présidence de l'université Paris VI

LE DOSSIER

Océan et climat

Jacques Merle, Directeur de Recherche
Laboratoire Océanographie Dynamique et Climatologie - LODYC

DANS LES ANNÉES 70, des travaux, principalement Américains, montrèrent que l'océan transportait en moyenne autant de chaleur que l'atmosphère depuis les basses latitudes où la terre reçoit cette chaleur en excès jusqu'aux latitudes moyennes et polaires où au contraire elle est restituée à l'espace. Ce fut le départ d'un intérêt soudain considérable pour l'étude de l'océan dans son rôle sur le maintien et la variabilité du climat. On connaissait depuis longtemps le rôle des grands courants océaniques, tel que le Gulf Stream dans l'Atlantique ou le Kuro Shivo dans le Pacifique, qui tempèrent les bordures continentales orientales des océans aux latitudes moyennes. Le climat de la baie de Saint Laurent n'est pas comparable à celui de la Bretagne pourtant à la même latitude. La dérive Nord Atlantique du Gulf Stream réchauffe l'Europe qui sans cela connaîtrait des températures beaucoup plus basses. Ces observations qualitatives ne reçurent confirmations que lorsque les moyens de calcul des ordinateurs permirent de faire des bilans d'énergie à l'échelle de la planète et de quantifier les flux d'énergie transportés par l'atmosphère et l'océan à partir de l'ensemble des observations accumulées par les météorologues et les océanographes. On s'aperçut alors que la circulation océanique était le principal moteur de la variabilité climatique aux échelles saisonnières, pluriannuelles, centenaires, voir millénaires.

Le rôle de l'océan sur le climat et sa variabilité tient à quelques chiffres caractérisant les propriétés géophysiques des deux sphères fluides couplées :

→ l'océan et l'atmosphère qui nous environnent :

1. l'océan représente une énorme capacité calorifique, plus de 1000 fois supérieure à celle de l'atmosphère, il est aussi un réservoir d'eau et de constituants chimiques, c'est sa fonction de stockage principalement thermique.

2. le plancher de l'atmosphère est en contact pour environ 72 % de sa surface avec l'océan et échange avec lui de la matière, principalement de l'eau, de la chaleur, de la quantité de mou-

vement, et donc de l'énergie, c'est la fonction océanique d'échange d'énergie et de masse.

3. mais cette plaque océanique chauffante, ou refroidissante, n'est pas inerte, elle est soumise à des mouvements (les courants) qui déplacent cette énergie sous l'effet d'une dynamique océanique propre, elle-même en partie forcée mécaniquement par l'atmosphère (le vent), c'est la fonction océanique de transport.

Le transport de l'océan, associé à sa grande capacité de stockage de la chaleur et aux échanges de masse et d'énergie à son interface avec l'atmosphère, s'effectue à des vitesses très inférieures à celle du transport atmosphérique. Alors que la durée de vie maximale d'une perturbation atmosphérique est de l'ordre de 3 semaines, les transports océaniques par les courants superficiels peuvent affecter sa température et sa densité pendant plusieurs mois mais ces constantes de temps peuvent atteindre plusieurs siècles pour les courants profonds. C'est ce qui conduit à dire que l'océan possède une « mémoire longue » des perturbations énergétiques qui l'affectent et explique son rôle prépondérant dans la variabilité du climat à ces mêmes échelles temporelles.

La circulation générale océanique, superficielle et profonde, et son couplage avec l'atmosphère sont donc des axes de recherche actuels privilégiés en océanographie et en climatologie. Ces recherches nécessitent des campagnes d'observations in situ et à distance (télé-détection à partir de plates-formes spatiales), mais aussi des simulations numériques avec des modèles, gros consommateurs de temps de calcul, sur les plus puissants ordinateurs disponibles actuellement.

La circulation générale océanique

La circulation générale océanique peut être analysée en deux composantes associées chacune à deux forces génératrices :

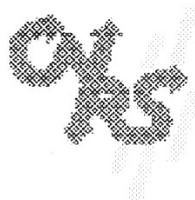
1. la circulation superficielle horizontale, générée par les vents qui poussent mécaniquement les molécules d'eau de la surface et de proche

en proche les molécules plus profondes entraînant ainsi les deux ou trois premières centaines de mètres de l'océan à une vitesse moyenne de l'ordre de 75 Centimètres/seconde. Ce sont les courants océaniques de surface bien connus des navigateurs. Cette circulation océanique superficielle s'organise en grands tourbillons symétriques par rapport à l'équateur. Les plus importants de ceux-ci, les tourbillons subtropicaux entre l'équateur et environ 40 degrés de latitude nord et sud, les eaux réchauffées le long de leur parcours équatorial d'est en ouest, se concentrent dans des grands courants chauds et rapides sur les bords ouest des océans, tel que le Gulf Stream dans l'Atlantique nord, et s'incurvent ensuite en direction des pôles et de l'ouest en restituant leur chaleur à l'atmosphère aux latitudes tempérées. Aux latitudes plus septentrionales, entre 40° et les pôles, les tourbillons arctiques et antarctiques tournent en sens inverse. Cette circulation océanique superficielle présente une grande similitude avec la circulation atmosphérique qui lui donne naissance et lui est parallèle autour des anticyclones tropicaux et des zones dépressionnaires arctiques et antarctiques.

2. la circulation thermohaline profonde, générée par les gradients de pression à l'intérieur du fluide océanique et la rotation de la terre. Des eaux froides et donc denses se forment au cœur des tourbillons polaires, elles plongent rapidement à de très grandes profondeurs et cheminent lentement en direction de l'équateur près du fond. Dans l'océan Atlantique ce sont des eaux qui se sont formées en mer du Labrador et de Norvège qui cheminent en direction du sud à des vitesses de l'ordre de 0,03 mètres/seconde, envahissant l'ensemble de l'Atlantique et au-delà, affectant aussi les autres océans : Indien et Pacifique. Symétriquement il existe une migration d'eaux profondes venant des régions antarctiques. Ces circuits profonds froids constituent l'indispensable retour de masse liquide nécessaire pour compenser le flux superficiel chaud de l'équateur vers les pôles. L'ensemble constitue la machine thermique planétaire principale.

D'autres phénomènes, d'échelles moyennes, participent au transport thermique et ont aussi une grande importance sur la dynamique du climat : ce sont les tourbillons à moyenne échelle

DOCUMENT 40 : Invité à une conférence-débat à la *cité des sciences et de l'industrie* avec deux éminents collègues.



Conférence-débat dans le cadre du cycle
Demain 2020

L'homme face au changement climatique

samedi 20 juin 1998
de 15 heures à 17 heures

avec

Jean-François Minster, océanographe et physicien, directeur de l'institut et du département des sciences de l'univers au CNRS

Olivier Godard, économiste, directeur de recherche au CNRS, laboratoire CIREN Ura 940, École des hautes études en sciences sociales

Jacques Merle, océanographe et physicien, directeur de recherche à l'Orstom

animée par

Alain Labouze, rédacteur en chef de Science actualités, Cité des Sciences et de l'Industrie.

DOCUMENT 41 : Conférence à la Cité des Sciences et de l'industrie



11 DEC. 2001 / JNE

M. Jacques MERLE
Département Milieu et
Environnement
IRD
213 rue Lafayette
75480 PARIS CEDEX 10

Monsieur,

La Villette
30, av. Corentin-Cariou
75930 Paris cedex 19
Tél. 01 40 05 70 00
www.cite-sciences.fr

Nous sommes très honorés que vous ayez accepté d'animer la conférence "**Variabilité climatique inter-annuelle : le phénomène El Niño**" qui aura lieu **le mercredi 16 janvier à 18h30** à la cité des Sciences. Elle se tiendra dans le cadre du cycle de conférences « L'Etat des Savoirs : les mécanismes du climat » qui aura lieu du 9 janvier au 6 février 2002, et qui est destiné à préparer la conférence de citoyens « changements climatiques et citoyenneté » des 9 et 10 février 2002, que nous co-organisons avec la Commission Française du Développement Durable.

Mme Marie-Antoinette MELIERES le 9 janvier, M. Philippe CIAIS le 24 janvier, M. Hervé LE TREUT le 30 janvier et M Jean-Louis FELLOUS le 6 février ont également accepté de participer à notre cycle de conférences.

De cent à deux cents personnes assistent aux débats que nous organisons. Nous voulons privilégier l'échange et la discussion avec les participants, un public essentiellement constitué de non spécialistes mais aussi de professionnels et d'étudiants particulièrement intéressés par les sujets que nous traitons.

En vous remerciant très vivement de nous apporter votre contribution et dans l'attente de notre prochaine rencontre, je vous prie de croire, Monsieur, en l'expression de mes cordiales salutations.

Roland SCHAER
Directeur Sciences et Société

affaire suivie par :
Pascal RATIER
01 40 05 72 85
p.ratier@cite-sciences.fr

**DOCUMENT 42 : Inauguration du nouveau bâtiment de l'IRI sur le
campus du « Lamont Doherty Earth Laboratory »
de l'Université Columbia -Etats-Unis**

MONELL
BUILDING DEDICATION
WEDNESDAY, DECEMBER 8, 1999 • 4 P.M.

RIBBON CUTTING
(Outer Lobby)
Joe Witte
Weatherman, CNBC

Jonathan Cole
Provost, Columbia University

Carolyn Mutter
Science Program Coordinator, International Research Institute for Climate Prediction

INTRODUCTION
Dr. George Rupp
President, Columbia University

Dr. D. James Baker
Administrator, National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA)

Dr. J. Michael Hall
Director, Global Programs, NOAA

Prof. Michael Crow
Executive Vice Provost, Columbia University

Prof. G. O. P. Obasi
Secretary General, World Meteorological Organization

Dr. Antonio Divino Moura
Director, International Research Institute for Climate Prediction

Prof. John Mutter
Interim Director, Lamont-Doherty Earth Observatory

Rep. Benjamin Gilman
Congressman, 20th District of New York State

Raphael Vinoly
Architect, Raphael Vinoly Architects

George Rowe
President, Monell Foundation

Tasso Jereissati
Governor, Ceara State, Brazil

Dr. Taroh Matsuno
Director General, Frontier Research System for Global Change (Japan)

Dr. Ming-Dean Cheng
Director of Research, Central Weather Bureau (Taiwan)

Dr. Jacques Merle
Director, DME, Institute of Research for Development (France)

RECEPTION IN LOBBY

CHAPITRE XI

Chercheur émérite, médiateur et témoin du changement climatique

Le jour de mon soixante-cinquième anniversaire, le 13 janvier 2002, je fus poussé à la retraite comme tous les fonctionnaires de cette époque, stoppé brutalement dans mes activités professionnelles par le mur administratif qui s'est impitoyablement dressé devant moi. Mais j'avais préparé cette échéance en déposant un dossier de candidature à l'Éméritat. Mon projet était de rejoindre le LEGOS (Laboratoire d'Études en Géodésie et Océanographie Spatiale) à *Toulouse* pour analyser l'évolution du transport de chaleur dans l'Atlantique à l'aide des données issues de MERCATOR-OCEAN. Ce groupement d'organismes, qui initiait l'océanographie opérationnelle en *France* et en Europe, utilisait un modèle haute résolution et les observations disponibles pour approcher au mieux la réalité de l'océan. Je proposais d'utiliser les simulations du transport de chaleur méridien qui affectait l'océan Atlantique tropical pour analyser les détails de son évolution dans le temps ; ce transport variait-il continuellement ou à des fréquences privilégiées ? et lesquelles ? C'était le prolongement d'un questionnement scientifique que j'avais abordé lors de ma vie active dans le cadre du programme WATT, une des composantes de la participation française à WOCE, que j'avais animé au début des années 1990 (Chapitre VII).

Un nouveau Président de l'IRD nommé en 2001, *Jean-François Girard*, professeur de médecine et ancien directeur de la santé, qui succédait à *Philippe Lazar*, pensait à l'avenir et se souciait de la mémoire d'un organisme de recherche français déjà vieux de plus d'un demi-siècle. Cet organisme avait déjà une histoire, il avait vécu de nombreuses péripéties depuis des débuts motivés par la nécessité d'organiser une recherche scientifique « outre-mer » dans une époque coloniale finissante ; il avait connu ensuite la décolonisation et l'émergence de structures universitaires et de recherche dans des pays nouvellement indépendants pour finalement se tourner vers une recherche dédiée spécifiquement au développement des pays du Sud. Cette mémoire risquait de se perdre définitivement au rythme des départs en retraite massifs qui se précipitaient, marquant l'arrivée vers la porte de sortie de la génération des nombreux recrutés de l'après guerre des années 1950 et 1960 dont je faisais partie. Il me proposa d'animer la création d'une « Association des anciens » qu'il soutiendrait, avec la mission à la fois d'aider la direction actuelle à traiter certains dossiers jugés non prioritaires pour des actifs et surtout de recueillir la « mémoire » de ces anciens qui allaient disparaître, mémoire parfois chargée d'événements appartenant déjà à l'histoire.

Le président suivant, *Michel Laurent*, prenant conscience des difficultés d'existence de nombreux agents de l'Institut à la suite notamment du déplacement du siège de *Paris* à *Marseille*, me demanda, en 2006, d'assurer, hors hiérarchie, des fonctions de « médiateur », activité qui se généralisait dans les organismes publics et dans le privé, pour arbitrer des conflits potentiels entre le personnel, la direction et son administration.

Ce sont les trois principales directions d'activités post-professionnelles, en relation avec mon organisme, dans lesquelles je me suis investi après mon départ à la retraite. Elles seront développées dans la suite de ce chapitre. Mais à côté de ces « devoirs bénévoles de fonctionnaire », je me suis livré à des activités plus plaisantes et plus personnelles, toujours en relation avec mon ancien métier de chercheur, mais orienté dans une direction nouvelle, celle de la vulgarisation des connaissances par l'écriture et la parole, au sujet de la question climatique et de ses rapports avec l'océan. C'est de ma participation au *club des Argonautes* que je veux parler. Ce club est un groupement de retraités, anciens membres d'organismes impliqués dans l'étude de l'environnement terrestre tels que le CNES, l'IFREMER, le SHOM, le CNRS, l'IRD/ORSTOM, l'IGN, METEO-FRANCE, ayant occupé des fonctions de direction dans les domaines

de l'océan, l'espace, la météorologie, le climat et les sciences de l'environnement en général.

Émérite mais plus vraiment chercheur

Par décision du Conseil d'Administration j'ai accédé à l'Éméritat en janvier 2002 immédiatement après la fin de mon service actif ce qui m'a permis, pendant une période de trois ans renouvelable, de pouvoir occuper une place dans l'institut, poursuivre mes recherches en cours, conseiller sinon diriger des étudiants en thèse, publier, en un mot m'impliquer dans presque toutes les fonctions qu'un chercheur peut occuper, mais seulement à titre bénévole et sans responsabilité administrative. J'avais un projet scientifique précis, exposé dans mon dossier de candidature, qui devait se dérouler au sein du LEGOS à *Toulouse*. Ce projet reposait sur le calcul du transport thermique méridien dans la région tropicale atlantique et le suivi de son évolution dans le temps à toutes les fréquences accessibles par la longueur de la série temporelle fournie par MERCATOR-OCEAN, c'est-à-dire environ une dizaine d'années. Les données (mesures virtuelles) étaient extraites des simulations produites par le modèle de MERCATOR-OCEAN exploité en routine après assimilation dans le modèle des observations disponibles *in situ* et du haut de plateformes spatiales.

Cette question du transport méridien de chaleur dans l'Atlantique était à l'ordre du jour avec les données du programme WOCE car des auteurs américains (*Bryden et Hall 1980*) avaient affirmé, à la lumière de radiales d'observations traversant la totalité de l'Atlantique à la latitude de 25 ° N, que le transport méridien de chaleur avait faibli de plus de 30 % en 1980 par rapport à ce qu'il était 20 ans plus tôt. Cette observation était mise en relation par certains avec un possible ralentissement de la circulation méridienne thermohaline, encore appelée la MOC (*Meridional Overturning Circulation*), véritable circuit de «chauffage central» transportant la chaleur accumulée dans les tropiques pour l'amener dans les latitudes tempérées et polaires de l'Atlantique nord. Ce ralentissement du circuit de chauffage océanique de l'Atlantique nord était également associé à un possible ralentissement du *Gulf Stream*, et l'ensemble était présenté comme un nouvel avatar du réchauffement climatique global à travers un enchaînement de boucles de rétroactions (*feed-back*) complexes qui pourraient conduire à l'avenir à de possibles refroidissements brutaux

susceptibles d'affecter l'Atlantique Nord⁶⁹. Mais rapidement plusieurs auteurs montrèrent que les observations qui avaient suscité cet enchaînement de spéculations n'étaient pas significatives d'une évolution à long terme de la « machine thermique océanique » car la variabilité des conditions océaniques mesurées ponctuellement *in situ* était très grande. Il était donc nécessaire de posséder des observations continues sur de longues périodes pour en tirer de solides conclusions quant à une possible évolution à long terme des flux de chaleur des tropiques vers les latitudes tempérées et polaires.

Ce sont ces questions et ces incertitudes qui rendaient précieuses les observations virtuelles sorties des ordinateurs de MERCATOR-OCEAN car leur continuité dans l'espace et le temps rendait possible une analyse précise de leur variabilité à court terme et donc une appréciation raisonnable de l'incertitude des mesures ponctuelles qui avaient suscité ce débat. Je me proposais donc de faire cette analyse avec les données du modèle MERCATOR-OCEAN et les moyens de calcul du LEGOS. En avril 2002 je déménageai à *Toulouse* et sollicitai un bureau auprès du directeur du LEGOS, *Christian Le Provost*. J'eus droit à une minuscule cellule de passage isolée dans le hall d'entrée. Les mètres carrés de bureaux semblent être la chose la plus précieuse et la plus recherchée qui soit dans les instituts de recherche français. J'avais déjà eu des problèmes semblables au LODYC, heureusement corrigés par les espaces plus généreux d'un bureau de directeur de département que m'avait alloué la direction de l'IRD à son siège. Mais un bureau de directeur donne de mauvaises habitudes et ma cellule du LEGOS m'apparut rapidement pour ce qu'elle était, un placard ! Une des principales préoccupations des chercheurs retraités, émérites ou pas, qui veulent garder des attaches avec leur discipline scientifique, est de trouver un bureau dans un environnement intellectuel de qualité ; l'environnement intellectuel de qualité était là mais pas le bureau !

Dans l'isolement de ce petit local je reconnus rapidement que mon projet scientifique bâti sur le traitement des données du modèle MERCATOR-OCEAN était irréalisable. L'informatique et les logiciels de traitement des données que j'avais pu connaître et utiliser deux décennies plus tôt à *Brest* et au LODYC étaient devenus totalement obsolètes. Certes l'environnement scientifique de mes collègues était de qualité mais l'investissement intellectuel personnel que j'aurais dû fournir pour me mettre à jour dans le maniement de ces outils nouveaux était hors d'atteinte du senior isolé et un peu perdu que j'étais devenu.

⁶⁹ Le scénario d'un film catastrophe : « Le jour d'après » a d'ailleurs été construit autour de cette spéculation.

J'étais soucieux aussi de ne pas solliciter inconsidérément mes plus jeunes collègues par des questions triviales à leurs yeux. L'informatique que j'avais connue 25 ans plus tôt était définitivement morte ; acquérir la nouvelle culture dans ce domaine était devenu pour moi un défi impossible et inutile. Mon projet n'était donc pas réalisable. J'ai cependant tenu à ce que mon séjour à *Toulouse* soit utile à quelque chose dans la mesure de mes moyens et de mes compétences en me consacrant à des tâches d'intérêt général : J'ai réalisé une brochure de présentation du LEGOS ; et après trois mois passé dans ce prestigieux laboratoire je suis retourné à Paris.

Les « anciens »

Quelques mois après mon départ en retraite, le *président Girard*, soucieux de la place dans le monde de l'institut dont il venait d'être nommé président, me fit part de sa vision des réseaux de soutien dont, d'après lui, l'institut devait idéalement se doter pour assurer sa visibilité et sa pérennité. Il voyait trois cercles de soutiens possibles : Le premier cercle était celui des autorités de l'appareil administratif et politique national français impliquées dans la recherche, responsables à différents niveaux dans les ministères de tutelle, dirigeants d'autres instituts de recherche, présidents d'universités, anciens directeurs et présidents de l'institut...etc. Le deuxième cercle était celui des personnalités des pays en développement avec qui on avait eu affaire et qui avaient pu apprécier la valeur de l'institut ; certaines de ces personnes occupaient maintenant dans leur pays des postes élevés, parfois même elles étaient devenues des dirigeants politiques : Président, premier ministre.... Enfin le troisième cercle était celui des retraités de l'institut qui, pour le *président Girard*, représentaient un réservoir de compétence et d'énergie pouvant être utile à l'institut sur des dossiers dont étaient chargés des titulaires en fonction mais qui, très occupés, auraient pu bénéficier d'un soutien venant de retraités compétents. Une autre ressource des « anciens » encore plus précieuse pour le président, résidait dans la mémoire dont ils étaient porteurs depuis les tout débuts de l'institution il y a plus de cinquante ans.

Cette conversation de fin de cocktail avec un Président désireux de faire connaissance avec ses troupes n'était pas totalement innocente ; l'insistance avec laquelle il s'était exprimé sur le troisième cercle, celui des retraités, face à

ma situation de récent retraité, était une invite assez évidente à ce que je prenne des initiatives sur ce point. Ce jour là je restai silencieux, mais j'avais reçu le message. Quelques temps plus tard, dans une courte note, j'exprimais au président ma vision du dossier. Oui une organisation des anciens était possible et souhaitable. Il fallait créer pour cela une structure dotée d'un statut juridique précis, association loi de 1901 ou autre, avec une claire définition de ses missions et de ses rapports avec la direction de l'institut. J'insistai sur ce point, proposant que la direction définisse les domaines où elle souhaitait un soutien des anciens et les modalités de ce soutien ainsi que, en retour, les moyens qu'elle pouvait déléguer aux anciens pour réaliser ces missions. J'insistais sur les missions qui allaient plus tard susciter un débat et même poser problème. Pour moi, en l'état de ma réflexion du moment, cette organisation des anciens devait rester dans le giron de l'institut et de ses activités. Elle devait se distinguer des associations d'anciens plus classiques qui organisent banquets, randonnées, soirées bridge...etc. Mon réflexe était sécuritaire, une association collée à l'institution mère était rassurante, plus facile à gérer et à financer. J'étais cependant conscient que ces missions ne devaient pas empêcher les manifestations de convivialité. Mais pour moi il fallait clairement afficher la raison d'être principale de cette organisation d'anciens : Remplir des missions utiles à l'institut. J'évoquais aussi dans cette note quelques autres points particuliers comme la situation des chercheurs bénéficiant de l'Éméritat : Devaient ils être membres de droit d'une organisation d'anciens ou rester en dehors ? Je m'inquiétais aussi du statut juridique de cette organisation dans mon ignorance des mécanismes de gestion des associations. Bref ! J'étais prêt à m'investir dans la création d'une association d'anciens et à plonger dans un monde nouveau pour moi, mais pas sans précautions ni soutiens.

Après lui avoir fait part de ces réflexions le président me conseilla de rassembler un groupe de quelques anciens pour formuler des propositions concrètes d'organisation concernant les relations avec la direction, le statut juridique, les critères d'appartenance, le fonctionnement et la gestion interne. J'ai contacté cinq anciens, dont un ancien Directeur Général, *Gérard Winter*, qui acceptèrent de se réunir en avril 2003 pour constituer ce noyau initial susceptible de donner corps au projet (Document 43). Nous étions tous convaincus que les retraités constituaient un gisement de compétences qu'il était regrettable de voir s'évaporer définitivement au rythme croissant des départs. Par ailleurs, nous étions conscients également qu'il existait probablement un champ d'activité qui pouvait être délégué à des retraités. Ces activités pouvaient prendre la forme

d'études, enquêtes, constitution de dossiers, animation de groupes de travail et de réflexion, missions diverses... à la frontière de ce que les statutaires actifs pouvaient considérer comme secondaire mais qui étaient néanmoins utiles pour répondre à certaines demandes extérieures. Cependant il était clair que ces activités confiées à des retraités ne devaient pas s'identifier totalement à celle des actifs. Ceux-ci pourraient faire appel aux compétences des retraités, mais cela ne devait pas conduire à ce que les retraités se substituent aux agents statutaires pour occuper des fonctions qui relevaient de leur responsabilité.

Le compte rendu de cette première réunion des retraités, assorti de questions à la direction, fut adressé au Président qui, peu de temps après, me reçut et répondit à nos propositions dans une « note d'entretien » (Document 44). Il soutenait la création d'une structure de représentation des anciens en relation avec la direction de l'institut, mais il proposait que l'on procède par étapes avant éventuellement de formaliser cette association. En premier il nous invitait à consulter le Directeur Général, *Serge Calabre*, pour l'entretenir de ce projet, recueillir son avis et si possible susciter son approbation et son soutien. Ensuite, le président listait brièvement les activités possibles. Mais surtout, par cette « note d'entretien », il officialisait le souhait de la direction de voir se réaliser une instance de représentation des anciens. Il déclarait soutenir la création d'un « groupe d'instruction du projet », préalable à une éventuelle formalisation du projet avec la participation de la direction. Désormais une structure de représentation des anciens de l'ORSTOM/IRD était sur les rails.

Animateur de ce rassemblement, je peux en retracer les principales étapes. Le « groupe d'instruction du projet » initial mis en place en avril 2003 se maintint en évoluant jusqu'à la création officielle de l'*Association des anciens de l'IRD, AA-IRD*, plus de trois ans plus tard, en mars 2006. Mais durant cette longue période de mise au point, le concept de ce groupement d'anciens se précisa et des travaux furent réalisés. Au fil des réunions, le groupe des cinq initial s'étoffait progressivement pour atteindre une douzaine de membres⁷⁰. Par ailleurs le groupe changea d'intitulé passant de *Club des anciens* en 2003 à *Conseil des anciens* avant de se stabiliser en *Comité des anciens* jusqu'à l'*Association des Anciens de l'IRD (AA-IRD)* en 2006 (Document 45).

⁷⁰ Il s'agissait de : Jacques Bonvallot, Marc Bied-Charreton, Jean Claude Leprun, Philippe Mathieu, Jacques Merle, Bernard Philippon, Laurence Porgès, Pierre Roger, Alfred Schwartz, Michel Servant, Jean-Anne Ville, Gérard Winter.

Au cours de cette période d'incubation plusieurs projets furent entrepris et certains menés à bien en collaboration étroite avec la direction, les services et les départements de l'institut, qui furent consultés au début de 2004. Sous l'impulsion principale de *Gérard Winter*, ancien Directeur Général, des groupes de travail furent mis sur pied pour répondre à des questions qui se posaient à la Direction et pour lesquelles l'expérience et la vision des anciens pouvait contribuer à l'élaboration de réponses mieux adaptées. Parmi les activités que nous entreprîmes pour la Direction trois dossiers donnèrent lieu à l'élaboration de documents de synthèse : (i) *Relations entre l'IRD et les ONG* ; (ii) *Avantages et limites de la participation de l'IRD aux UMR* ; (iii) *Connaissance des infrastructures d'enseignement et de recherche de certains pays du Sud*. Un quatrième dossier : (iv) *Présence de l'IRD dans les institutions de recherche internationales* fut envisagé mais n'a pas abouti. et n'a pas donné lieu à un rapport écrit.

Le premier dossier, *les relations entre l'IRD et les ONG*, intéressait particulièrement *Gérard Winter* qui en fut chargé. Les ONG devenaient de plus en plus présentes dans tous les domaines de la coopération avec le Sud, y compris celui de la recherche. L'IRD n'avait pas encore pris toute la mesure de cette mutation de dimension mondiale qui, à terme, risquait de marginaliser les instituts de recherches nationaux. En *France*, et à l'IRD particulièrement, un retard considérable avait été pris. Il était nécessaire de faire le point des relations passées et actuelles de l'IRD avec les ONG.

Le deuxième dossier, *les avantages et les limites des UMR* (Unité Mixte de Recherche), m'a été confié. La participation de l'IRD à ces structures mixtes faisait débat depuis longtemps au sein de l'institut. A la fin des années 1990, de fortes pressions avaient été exercées, à la fois par le président de l'époque, *Philippe Lazar*, et aussi par le ministère de la recherche, pour que les chercheurs de l'institut se rattachent systématiquement à des UMR, en association avec les universités et les autres grands établissements de recherche nationaux. A cette époque l'IRD avait déjà participé à des UMR depuis suffisamment longtemps pour élaborer un premier bilan des avantages et des inconvénients de ces associations, vis-à-vis de ses missions spécifiques orientées vers l'aide au développement des pays du Sud. Ce bilan était d'autant plus nécessaire pour la direction que celle-ci projetait d'étendre cette mixité vers des universités et des institutions de recherche étrangères, du Nord comme du Sud. J'ai été chargé de cette étude car on s'est souvenu que j'avais été à l'origine de la création de la première UMR à laquelle l'ORSTOM a participé : Le LODYC (Chapitre V).

Le troisième dossier, *connaissance des infrastructures d'enseignement et de recherche de certains pays du Sud*, visait à mieux connaître les structures universitaires des pays avec lesquels des coopérations étaient envisagées. Ces investigations étaient nécessaires pour adapter le soutien souhaité à l'état réel du pays car les informations fournies par les gouvernements n'étaient pas toujours suffisamment précises et détaillées. Deux pays furent choisis pour tester ce type d'études réalisées en coopération avec l'OST (Observatoire des Sciences et Techniques)⁷¹ : le *Mexique* et l'*Afrique du Sud*. L'objectif était de compléter les actions de l'OST en intégrant les analyses statistiques et les indicateurs de ces organismes dans une dimension historique pour laquelle l'ORSTOM/IRD était bien placé du fait de son régime d'affectations à long terme depuis des décennies. Ce dossier a été confié à *Philippe Mathieu* et *Laurence Porgès*.

A Titre plus personnel et à la demande de la *Direction à l'information et à la communication* j'ai assuré la direction scientifique d'une exposition itinérante sur le thème *Océan et Climat* (Fig. 54).

Exposition conçue par le secteur culture scientifique – DIC (IRD) : **EXPOSITION ITINÉRANTE Océan et CLIMAT**
Isabelle Mouas Soumah et **Marie-Lise Sabrié**

Direction scientifique : **Jacques Merle**

Collaboration scientifique : **Luc Ortlieb**, IRD

Conception graphique **Caribara Communication**

Direction artistique : **Philippe Gérardin**

Réalisation : **Marie-Pier Muller**

Photographies IRD : **Base Indigo** (www.ird.fr/indigo)

Relecture, corrections : **Yolande Cavallazzi**

Remerciements à :

Sylvie Ballet, DgCiD

Aline Chabreuil et **Marie-Claire Fontebasso**, photothèque CNES 

Bernard Francou, IRD

Jean-François Guegan, IRD

Fabrice Hernandez, IRD/Mercator Océan et 

Vincent Toumazou, Mercator Océan

Corinne Lavagne, IRD

Jean-Pierre Montoroi, IRD

Figure 54 : Exposition itinérante Océan et Climat.

⁷¹ L'Observatoire des Sciences et Techniques – OST- conçoit et produit des indicateurs sur la recherche et le développement.

Le Journal Officiel du 18 mars 2006 publia l'annonce de la création de l'*Association des anciens de l'IRD – AA.IRD*. C'était l'épilogue d'une longue procédure de mise au point des statuts pour traduire nos intentions dans les règles de la loi dite de 1901. Ces statuts stipulaient dans leurs objectifs que : « *Cette association a pour objet de mettre à la disposition de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) les compétences et l'expérience des personnes retraitées ayant travaillé au sein de cet institut, pour réaliser des travaux d'appui à l'établissement : études, avis, expertises, activités de formation, réflexions prospectives....* ». L'adresse du siège social était celle de l'IRD *rue La Fayette* avec *Marc Bied-Charreton* comme président.

En 2010, puis en 2012, l'association évolua à la fois dans ses objectifs, ses statuts, son président et son siège qui a quitté la *rue La Fayette*, à la suite de la délocalisation de l'institut à *Marseille* pour se réfugier à mon domicile dans le cinquième arrondissement. Les objectifs de l'association initialement orientés presque exclusivement vers un appui à la direction pour traiter les dossiers qu'elle nous soumettait, ont évolué vers des activités plus traditionnelles. En effet le reproche le plus fréquent qui nous a été fait est d'avoir totalement omis, dans les premières années d'existence de notre association, les activités ludiques et de convivialité. Aussi les nouveaux statuts qui accompagnèrent en 2012 le nouveau nom de l'association, devenu A.I.D.A pour *Association IRD Des Anciens*, marquaient une orientation nouvelle vers l'expression de la mémoire des anciens, le faire savoir auprès du public, particulièrement les jeunes, sans oublier les manifestations de convivialité, conférences, visites, repas.

Médiateur pour finir

Au début de l'année 2007, le Directeur Général (*Michel Laurent*) décida de créer au sein de l'IRD une fonction de médiateur suivant en cela des initiatives semblables qui se multipliaient aussi bien dans les organismes publics que dans les sociétés privées. En mars, il me parla de son projet et me demanda d'accepter de remplir ces fonctions, précisant que c'était une activité à temps partiel, bénévole, nécessitant une personne connaissant bien l'organisme tout en n'appartenant pas à sa hiérarchie ; autrement dit un retraité faisait très bien l'affaire. Je ne repoussai pas cette proposition, mais lui demandai un délai de réflexion. Au cours d'un entretien qu'il m'accorda plus tard, le Directeur Général

répondit à mes questions et les contours de la fonction telle qu'il les percevait à ce moment là se dessinèrent progressivement. Ils se résumaient ainsi :

- Il existe un espace pour des fonctions de médiation afin de régler des conflits entre le personnel et la direction incluant son administration et ses services spécialisés, au-delà des relations habituelles entre les syndicats et la direction.
- Mais cette médiation ne doit pas se substituer ou s'immiscer dans les relations existantes entre la direction et les instances représentatives du personnel : syndicats, ou services administratifs relevant du social : Assistance Sociale, médecine ...etc.
- En particulier le médiateur n'est pas compétent pour intervenir dans le règlement des conflits entre les syndicats et la direction. La médiation se situe en amont, avant que le problème soit porté devant la direction par les syndicats ou d'autres instances représentatives du personnel.
- La médiation s'adresse principalement à des individus et exceptionnellement à des groupes d'intérêts ou des catégories de personnels. Ceux-ci relèvent alors des seuls représentants du personnel.

En avril 2007 j'ai donné mon accord au Directeur Général pour occuper ces fonctions. Il m'a nommé pour couvrir un mandat de trois ans de mai 2007 à mai 2010. Je devais cependant recevoir l'agrément du Conseil d'Administration et celui du CTPC (*Comité Technique Paritaire Central*), instance de coordination de la Direction Générale avec le personnel. Le CTPC avait été réuni par le Directeur Général le 7 novembre 2006 pour solliciter son avis et obtenir son approbation pour la création d'un poste bénévole de médiateur. C'est à cette occasion que, dans son rapport, le CTPC, après avoir approuvé cette création, avait précisé les missions du médiateur (Encart 10)

Mais les modalités pratiques de fonctionnement de cette instance de médiation restaient à définir. Il paraissait nécessaire d'élaborer une charte rassemblant les principes définissant précisément le rôle du médiateur, ainsi que les conditions et les limites de son intervention. J'ai demandé et obtenu que ces principes ne soient pas fixés *a priori* mais résultent de l'expérience acquise au cas par cas. Il est en effet rapidement apparu qu'il était difficile de faire entrer toutes les demandes d'intervention du médiateur dans un cadre unique, et prédéterminé, tel que celui défini par le CTPC, sous peine de rejeter de nombreuses demandes, qui, pour certaines, exprimaient cependant des difficultés réelles. Il m'a semblé plus raisonnable de recevoir toutes les

personnes qui le demandaient pour juger de la recevabilité de leur plainte et de décider ensuite avec elles de l'ouverture effective, ou non, d'un dossier de médiation. Ce dossier, sous forme de rapport, devait présenter l'exposé de la plainte, les réponses des services incriminés ainsi que l'avis du médiateur et être adressé au Directeur Général pour décision et suite à donner. Toutes les personnes qui, par une voie ou une autre : entretiens, téléphone, messagerie, courrier, ont souhaité m'exposer leurs problèmes, ont été écoutées. De cette écoute et des personnes rencontrées, j'ai pu distinguer plusieurs catégories de demandes de médiations qui, par leur exposé, donnent une image réaliste de la teneur de la fonction. Ces demandes de médiation s'étendaient du simple exposé de difficultés jusqu'à la mise en cause de la direction et de son administration et pouvaient être classées en plusieurs catégories (Encart 11).

Encart 10

Extraits du rapport de la réunion du CTPC du 7 novembre 2007 :

Mise en place d'un Médiateur

« Le médiateur a pour mission d'aider à résoudre les difficultés, voire les différents ou les conflits survenant au sein de l'IRD entre des agents de l'établissement ou, un ou des agents de l'institut et l'administration. Il assure une mission de conciliation en toute indépendance et dans l'intérêt des parties. »

« La saisine du médiateur est individuelle et directe. Il n'est donc pas tenu d'emprunter la voie hiérarchique. Il s'agit d'une saisine écrite qui fait l'objet d'une instruction par le médiateur. Son action ne se substitue pas à l'action des services..... »

« Le médiateur peut écarter toute requête manifestement abusive mais doit motiver sa décision. Si la demande lui paraît justifiée, le médiateur s'efforce de concilier les parties en adressant toute recommandation de nature à régler le différent dont il est saisi. Il adresse ses conclusions au Directeur Général et en informe le demandeur et le (ou les) services concernés. »

Au cours de mon mandat de 3 ans (Mai 2007–Mai 2010) qui s'est prolongé une année supplémentaire, j'ai été amené à traiter une quarantaine de demandes de médiation dont certaines m'ont conduit à « auditer » des personnages importants que je n'avais jamais eu l'occasion de rencontrer auparavant. C'est le cas de certains responsables de la Direction Générale : La

DRH (Direction des Ressources Humaines), la DF (Direction des Finances), le SAJ (Service des Affaires Juridiques)...etc. Mais le personnage le plus « exotique » pour moi avec qui j'ai eu à faire, est incontestablement l'Agent Comptable, personnage redouté, gardien des finances de l'institut, n'ayant de comptes à rendre qu'à « Bercy » le ministère des finances dont il dépend, et sans la signature de qui aucune dépense ne peut être engagée.

Encart 11

Types de demandes d'intervention du médiateur

Exposé de difficultés - demande de conseils. C'est le cas le plus fréquent qui s'accompagnait souvent d'un « mal être » diffus de l'agent dans l'exercice de ses fonctions avec souvent une mise en cause de collègues et de responsables directs de son unité de recherche ou de son département.

Demandes d'interventions dans le circuit administratif. Certains agents pensent trouver dans le médiateur un intermédiaire ou un facilitateur administratif. Ils lui demandent de résoudre des problèmes pratiques liés à des points de règlements administratifs ou de droit.

Différents impliquant la hiérarchie scientifique. Ce sont, le plus souvent, des problèmes d'affectation en France au retour d'une affectation à l'étranger. Les destinations métropolitaines souhaitées ne correspondent pas toujours aux implantations reconnues de l'Unité de Recherche à laquelle le plaignant appartient.

Contestation de propositions de jury. Les contestations de propositions de jurys d'avancement ou de recrutement sont fréquentes. Le médiateur ne peut que rappeler que les jurys sont souverains, et leurs appréciations ne peuvent être contestées ou remises en cause.

Différents avec l'administration ou la direction de l'institut. C'est la demande de médiation qui correspond le mieux à la définition qui en a été donnée, avec exposé de la plainte, audition des services impliqués, consultation du SAJ, rédaction d'un rapport à l'adresse du Directeur Général, décision du Directeur Général.

Procédures judiciaires en cours. On doit signaler enfin, que, parmi les personnes tentant de recourir au médiateur, il existe des agents familiers des procédures judiciaires administratives, prompts à pousser l'institut dans des procès en série mobilisant le SAJ. Les demandes de ce type doivent être rejetées.

Au final cette fonction de médiateur occupant presque un tiers de mon temps m'a beaucoup apporté. J'ai pu mieux saisir les mécanismes de

fonctionnement profonds d'un institut de recherche public de plus de 2 000 fonctionnaires que je n'avais pas perçus lorsque j'étais en activité même à des postes de direction scientifique. Dans ces fonctions proches des personnes, j'ai pu aussi avoir une vision plus humaine de mes collègues, chercheurs, techniciens, administratifs dont les tracas professionnels interfèrent inévitablement avec leur vie personnelle. Au cours de mon mandat de quatre années d'exercice de la fonction un événement exceptionnel a marqué le personnel. Il s'agit du déménagement du siège de l'institut de *Paris* à *Marseille* en 2008. Le Directeur Général m'a demandé d'assurer, à partir de 2009, une permanence mensuelle d'une journée au nouveau siège à *Marseille*. L'expérience vécue près des personnes durant cette période troublée m'a amené à penser qu'une écoute attentive et bienveillante pouvait aider certains agents en difficulté mieux qu'une procédure formelle de médiation. Un médiateur se doit d'écouter et de conseiller les plaignants même si cela dépasse le cadre restreint de sa mission. J'en ai conclu que le rôle d'un médiateur flirte un peu avec la psychologie à travers l'attention portée aux autres, lui conférant ainsi une dimension humaine au-delà des procédures règlementaires pour gérer les conflits.

Propagandiste du changement climatique avec les « Argonautes »

En avril 2003 d'anciens chercheurs, ingénieurs et administratifs ayant occupé des postes de direction dans des organismes de recherche français (IRD, IFREMER, METEO-FRANCE, CNRS, CNES, MNHN) couvrant les domaines de l'environnement, l'océan, l'espace et le climat, ont décidé de se rassembler dans une association : le *Club des Argonautes* que j'ai rejoint dès sa création. Notre objectif était triple : (i) Témoigner des recherches qui ont mené à notre compréhension actuelle des mécanismes en cause dans l'évolution des climats. (ii) Faire entendre une voix autorisée et désintéressée auprès du public et des médias, voire des politiques, qui soit compréhensible dans le débat actuel sur l'avenir du climat en faisant une analyse critique des résultats scientifiques publiés à travers le monde. (iii) Faire connaître et éventuellement contribuer à promouvoir des solutions techniques aux problèmes posés par le réchauffement climatique.

L'action du club se situe résolument à la transition entre science et société. Les membres se réunissent une fois par mois dans les locaux du « Bureau des longitudes » à l'Institut de *France* quai Conti (Fig. 55) et poursuivent leurs débats par messagerie internet et à travers un site <http://www.clubdesargonautes.org/> qui demeure leur moyen privilégié de communication avec l'extérieur. En pratique, le club s'adresse à un large public intéressé par tout ce qui concerne notre planète. Il vise particulièrement les scolaires, les étudiants, les universitaires, mais aussi la presse et les politiques.

Parmi les principaux messages que le club s'est efforcé de diffuser sur son site WEB et lors de conférences publiques, ou par des articles et des ouvrages collectifs, on peut citer :

- (i) La mise en évidence du rôle de l'océan dans le climat, sa variabilité et son changement à long terme. Il est peu connu du public que l'océan absorbe la majorité du flux radiatif solaire qui atteint la surface de la Terre. La masse océanique possède une capacité de stockage de cette énergie, sous forme de chaleur, près de 1.000 fois supérieure à celle de la totalité de l'atmosphère.
- (ii) La promotion, auprès de différentes instances publiques et privées, comme EDF, des perspectives d'exploitations de cette énergie qui pénètre ainsi dans l'océan au rythme de près de 170 Watts par mètres carrés et constitue une ressource renouvelable, non intermittente, équivalente à 500 fois la consommation énergétique mondiale totale. Certes, il est seulement possible d'exploiter un très faible pourcentage de ce trésor qui nous vient du Soleil. Mais des pionniers français comme *George Claude*⁷² ont démontré que cette énergie était exploitable. Elle est cependant encore presque totalement ignorée par l'Europe et la *France* qui pourtant possède la deuxième zone économique marine au monde située de en majorité dans les régions tropicales, qui sont particulièrement favorables à l'exploitation de cette énergie appelée ETM (*Énergie Thermique Marine*).
- (iii) La nécessité d'instaurer un observatoire opérationnel mondial de l'océan, *in situ* et depuis l'espace, pour suivre son évolution a été réaffirmée avec insistance en de nombreuses circonstances auprès de

⁷² *George Claude* (1880 – 1960) physicien chimiste français démontra la possibilité d'extraire de l'énergie (appelée Energie Thermique des Mers – ETM) en utilisant la différence de température entre des eaux océaniques superficielles chaudes dans les tropiques (voisines de 25 – 30 ° C) et des eaux froides plus profondes.

responsables nationaux et internationaux. Un tel observatoire, semblable à celui qui a été mis en place par les météorologues pour l'atmosphère, il y a déjà plus d'un demi-siècle, avec la VMM (Veille Météorologique Mondiale) pour prévoir le temps au jour le jour, doit être maintenant étendu aux autres milieux du système climatique et en premier à l'océan pour prévoir l'évolution du climat à l'échelle des décennies et des siècles.

Personnellement j'ai beaucoup apprécié ce cénacle de scientifiques seniors appartenant à mon domaine scientifique, l'océanographie, ainsi qu'aux domaines connexes, l'atmosphère et l'espace, qui s'intègrent comme les pièces d'un puzzle dans la question climatique. J'ai eu plaisir à participer aux travaux du club. Une concrétisation de nos actions s'est matérialisée par un ouvrage collectif : *Climat - une planète et des hommes* (Document 46) préfacé par l'académicien *Erik Orsenna* et postfacé par les anciens premiers ministres *Alain Juppé* et *Michel Rocard*. Dans ce travail rassemblant les articles de 25 auteurs, dont des chercheurs en activité parmi les plus connus du domaine climatique⁷³, je suis auteur de trois articles. Dans le premier article : *Pourquoi le climat est-il devenu aussi rapidement une préoccupation scientifique majeure ?*, je tente de faire l'historique de la préoccupation climatique depuis les années 1950, période où, curieusement, le climat était encore perçu comme une donnée naturelle immuable de l'environnement terrestre, inchangée depuis plus de 4.000 ans. On n'imaginait pas que le climat puisse varier à l'échelle des générations. Il fallut qu'au milieu des années 1970 l'historien *Emmanuel Le Roy Ladurie*, en compulsant les grimoires du dernier millénaire transcrivant des indicateurs du temps (comme la date des vendanges, le nombre de jours de gelées...) vécus par les habitants des campagnes, pour qu'on prenne subitement conscience que le climat pouvait varier à l'échelle humaine. A partir de là, la préoccupation climatique émergea dans plusieurs disciplines des sciences de la Terre, au-delà de la météorologie et de la géographie originellement attachées à sa seule description. Le deuxième article : *L'océan et le climat quel rapport ?* résume les trois fonctions principales de l'océan dans le climat : La fonction de *stockage* ou accumulateur d'énergie sous forme de chaleur comme on vient de le voir plus

⁷³ Les auteurs de cet ouvrage sont : Pierre Bacher, Edouard Bard, François Barlier, Pierre Bauer, Yves Coppens, Yves Dandonneau, Jean-Pierre Dupuy, Yves Fouquart, Jean-Claude Gall, Alain Gioda, Stéphane Hallegatte, Sylvie Joussaume, Robert Kandel, Michel Lefebvre, Emmanuel Le Roy Ladurie, Hervé Le Treut, Valérie Masson-Delmotte, Sandrine Mathy, Jacques Merle, Michel Petit, Serge Planton, Bernard Pouyau, Gilles Ramstein, Bernard Seguin, Bruno Voituriez.

haut, la fonction d'*échange* de chaleur et d'eau avec l'atmosphère sur plus de 70 % de la surface de la planète, enfin la fonction de *transport* de chaleur et de masse par la circulation océanique (les courants) qui redistribue l'énergie des tropiques vers les hautes latitudes. Le troisième article : *Quelles observations pour mieux prévoir le climat ? Le rôle décisif des satellites*, écrit en coopération avec deux collègues, *Michel Lefebvre* et *François Barlier*, était un plaidoyer pour les observations satellitaires, continues dans l'espace et le temps, en complément des observations *in situ* plus ponctuelles ; les deux catégories de données sont assimilées dans des modèles à fine résolution pour obtenir l'image la plus précise possible de la réalité (Voir MERCATOR-OCEAN).



Figure 55 : Les Argonautes en plein travail

Le futur de notre planète bleue

Un collègue américain, *George Philander*, cité de nombreuses fois dans cet ouvrage, ne cesse de répéter que notre génération d'océanographes de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle a eu beaucoup de chance. On a vécu une période exceptionnelle qui nous a fait passer d'une science descriptive, à peine extraite de la géographie, à une perception enfin géophysique de ce monde liquide si caractéristique de notre planète (Fig. 56). Cette planète bleue est en effet avant tout océane. Il est étonnant de constater que cet élément primordial où est apparue la vie ait été presque inconnu jusqu'à ces dernières décennies. Certes des aventuriers explorateurs comme *Jacques-Yves Cousteau* nous en avaient déjà fait entrevoir les splendeurs, mais la relation de ces immensités liquides et de leurs profondeurs avec l'évolution du climat est restée longtemps insoupçonnée. La cause de cette méconnaissance étonnante était à chercher dans la difficulté d'accès de ce milieu dont nous sommes issus mais qui nous est devenu hostile après que nous ayons évolué en êtres aérobies.

Il fallut attendre que les technologies d'observation de la Terre, principalement de ses deux enveloppes fluides superficielles, l'atmosphère et l'océan, fassent des progrès décisifs au cours de cette deuxième moitié du XX^{ème} siècle pour que le monde scientifique prenne conscience de la nécessité d'observer et de comprendre l'océan dans ses relations avec l'environnement et particulièrement le changement climatique. Les sciences de la Terre qui sont encore jeunes, reposent à la fois sur des observations relevant des sciences dites naturelles, proches de la géographie, et sur des conceptualisations théoriques issues de la physique. C'est le propre des géophysiques de s'appuyer sur cette dualité « géo » et « physique » avec cependant une limitation fondamentale par rapport à la physique : l'impossibilité de mener des expériences réelles sur le milieu naturel pour tester des hypothèses ou vérifier expérimentalement la validité de concepts théoriques comme on peut le faire en laboratoire. D'où, aujourd'hui, l'importance des simulations numériques avec les calculateurs électroniques pour réaliser des expériences virtuelles.

J'ai commencé ma carrière d'océanographe, avec mes collègues de l'ORSTOM, clairement les deux pieds « mouillés »⁷⁴ et du côté « géo ». Dans le

⁷⁴ J'ai été un océanographe « aux pieds mouillés » comme *Philippe Hisard* et *Christian Henin* (note 57 page 191) en faisant des mesures en mer sur les bateaux.

Pacifique équatorial sud ouest, nous débarquions dans une région presque totalement inconnue sur le plan océanographique ; la géographie même de ces contrées était incertaine, des îles étaient encore inconnues, mal cartographiées et même quelquefois n'existaient pas sur certaines cartes marines. Nous disposions d'un navire de recherche sans posséder les outils de calcul maintenant indispensables à un travail géophysique. Ces instruments, notamment les ordinateurs, n'étaient pas encore entrés dans nos laboratoires et sur nos navires. Les moyens de calcul dont nous disposions étaient très rudimentaires et s'arrêtaient souvent à la règle à calcul. De même les mesures de température se faisaient avec des thermomètres immergés et les mesures de salinité nécessitaient de prélever de l'eau en profondeur pour être analysées à bord du navire, utilisant des réactifs et des burettes, ce qui était assez hasardeux sur un petit navire soumis à la grande houle du Pacifique !



Figure 56 : Notre planète bleue vue de l'espace

Mais les temps changèrent. Les ordinateurs entrèrent dans les laboratoires à partir des années 1970. Ils contribuèrent rapidement à rattacher la connaissance de l'océan à la physique et à la géophysique. Parallèlement les

observations changèrent aussi de nature avec les plateformes satellitaires entourant la Terre assurant une couverture globale et continue dans l'espace et le temps de mesures de nombreux paramètres météorologiques et océanographiques. Les avancées de la connaissance dans les sciences de la Terre ont donc été tributaires avant tout des progrès de l'instrumentation à la fois pour le calcul (ordinateurs, logiciels) et pour l'observation (satellites). Ces outils nouveaux ont été particulièrement déterminants en ce qui concerne l'étude du comportement dynamique, c'est-à-dire les mouvements (vent, courants) des deux milieux fluides qui enveloppent la sphère terrestre et conditionnent prioritairement le climat.

Pour l'océan le choc technologique fut plus marqué que pour l'atmosphère tant le retard était grand à la fois dans les techniques d'observations et dans les concepts fondamentaux qui gouvernaient sa dynamique. Pour prendre un exemple de ce retard, on peut remarquer que jusque dans les années 1960, les marins et les océanographes faisaient encore le point sur leurs navires en visant les étoiles avec un sextant. C'était, à quelques détails près, le même instrument qu'utilisaient les premiers explorateurs, fondateurs de l'océanographie, partis du *Portugal* ou d'*Espagne* cinq siècles plus tôt pour offrir à leur roi de nouvelles terres à coloniser, (en vérifiant en passant que la Terre était bien ronde) ! Aujourd'hui on localise très précisément un navire avec un système GPS qui fait appel à une noria de satellites gravitant autour de la Terre. En 50 ans on a changé de monde. On imagine aisément que des évolutions technologiques aussi rapides aient pu avoir un impact décisif sur l'avancée des connaissances de la Terre et surtout de la mer. Voilà pourquoi *George Philander* juge que, nous les océanographes de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, nous avons eu le privilège unique de vivre cette transition.

Mais cette « belle époque » est maintenant terminée car notre discipline ayant accédé au rang de géophysique, nous sommes soumis dès lors à des contraintes nouvelles liées à l'organisation et à la politique de recherche. Des concepts d'une autre nature sont à prendre en considération. Jusqu'aux années 1980, l'océanographie physique comme d'autres sciences en *France* et ailleurs, était considéré comme une « *small science* »⁷⁵ par opposition aux « *big sciences* » qui nécessitent des bataillons fournis de scientifiques, des grands équipements, des ressources financières considérables et une attention soutenue de la part des

⁷⁵ « *small science* », « *big science* », « *bottom up* », « *top to down* » sont des expressions anglo-saxonnes consacrées, universellement utilisées dans le domaine scientifique et ne faisant pas l'objet d'une traduction française spécifique.

gouvernements. En *France*, l'exemple type d'une « *big science* » fut la recherche atomique visant la maîtrise de l'énergie nucléaire lancée après la deuxième guerre mondiale avec la création d'un grand organisme national, le CEA (*Commissariat à l'Energie Atomique*). À partir des années 1980, avec la mise sur pied des grands programmes internationaux et l'émergence de l'observation spatiale, l'océanographie est entrée progressivement dans le club des « *big sciences* » dans de nombreux pays, dont la *France*. Cela s'est traduit par un accroissement considérable du nombre de scientifiques, du niveau des ressources distribuées, des publications et de l'attention portée par les gouvernements et le public à cette discipline scientifique.

Ce changement de statut présente une autre caractéristique qui a une grande importance sur le mode de gestion de la science. Une « *small science* », qui ne nécessite que des moyens limités, est généralement laissée entre les mains des scientifiques qui décident eux-mêmes de leurs activités et de l'évolution de leur discipline. C'est en partie ce que l'on a vécu au début de nos carrières d'océanographes caractérisées par un « *bottom up* » dominant qui prévalait dans un domaine resté longtemps entre les mains de quelques personnalités scientifiques dominantes. Au contraire, une « *big science* », compte tenu notamment de ses coûts élevés, fait l'objet d'une gestion « *top to down* » plus encadrée par les sphères gouvernementales, soucieuses des applications et du retour sur investissement, laissant beaucoup moins d'initiative à la communauté scientifique. L'océanographie physique a vécu cette évolution de son mode de gestion. Les grands projets spatiaux d'observation des océans ainsi que l'océanographie opérationnelle sont des développements récents qui échappent maintenant à la gestion des seuls scientifiques et qui relèvent en partie d'un « *top to down* » émanant des instances gouvernementales. L'évolution de l'océanographie physique vers le statut de « *big science* » aura certainement une influence considérable sur ses orientations futures au-delà des idées nouvelles pouvant émerger de la communauté scientifique.

Je souhaite terminer sur un autre aspect de ma trajectoire scientifique, celui qui est la raison d'être principale de l'organisme de recherche auquel j'ai appartenu, l'ORSTOM / IRD. Il s'agit de la recherche appliquée au développement des pays du Sud. On a vu que la variabilité du climat et son évolution probable vers un réchauffement perceptible, dû à l'activité humaine, place l'étude de l'océan à la première place des priorités scientifiques pour observer, comprendre, prévoir et prévenir cette évolution. La question

climatique agite actuellement les gouvernements de tous les pays du monde du Nord et du Sud, développés, en développement, ou émergents. Et cette préoccupation impacte la gestion et la politique même de la recherche sur le rôle de l'océan dans le climat. Dans ce contexte, les pays du Nord sont évidemment les mieux placés pour développer à la fois les connaissances fondamentales, les moyens technologiques d'observations *in situ* et spatiaux, et les outils de prévision qui nécessitent, entre autres, des calculateurs parmi les plus puissants produits par la technologie des semi-conducteurs.

Mais qu'en est-il plus particulièrement des pays pauvres du Sud, dont les côtes baignent souvent dans des eaux tropicales chaudes mais qui ne disposent de presque aucun moyen pour la maîtrise de leur environnement face à l'impact des changements climatiques ? Leur situation est préoccupante, à la fois vis-à-vis du réchauffement climatique anthropique à long terme, mais aussi vis-à-vis des oscillations climatiques interannuelles plus ou moins naturelles que ces régions vont subir en relation avec leur environnement marin. Leur vulnérabilité dépend de facteurs à la fois économiques et géophysiques, dont les effets négatifs s'additionnent : (1) Les économies de ces pays sont plus étroitement dépendantes des conditions climatiques que celle des pays industrialisés. Cette **sensibilité économique** du Sud aux conditions climatiques tient justement à leur niveau de développement de type préindustriel, privilégiant l'agriculture et l'exploitation des ressources naturelles. (2) Il existe aussi une **sensibilité géophysique** particulière des basses latitudes, qui se manifeste par des oscillations climatiques de grande ampleur comme ENSO et parfois violentes comme les cyclones, typhons et autres tornades, générés par la proximité de l'Équateur.

De ce fait l'implication des pays du Sud dans la compréhension, la prévision et la gestion des impacts des changements climatiques doit être traitée avec une attention toute particulière. L'enjeu climatique est devenu maintenant si important qu'il renvoie aux grandes questions de politique générale et de géopolitique. On a vu que tout ce qui touche à l'environnement et au climat ramène inévitablement à la question du développement et de l'énergie ; environnement et développement sont souvent perçus comme étant antagonistes. Mais le développement du Sud est incontournable et il n'est pas envisageable de le freiner par des mesures contraignantes, souvent pilotées seulement par le Nord, dont les fondements seraient mal compris et mal acceptés par ces sociétés. On est donc contraint de concilier développement et environnement et cela vaut

pour le Nord comme pour le Sud. C'est ce qui m'a guidé en pilotant les activités de la dernière Unité de Recherche que j'ai dirigé et du *Département Milieux et Environnement* dont j'ai eu la charge à la toute fin de cette vie d'océanographe.

FIN

DOCUMENT 43 : Première réunion appelant à la création d'une association des anciens de l'IRD/ORSTOM

Paris 10 Fev 2003

Destinataires : Philippe MATHIEU, Jean-Anne VILLE, Bruno VOITURIEZ,
Gérard WINTER

Objet : **Création d'une structure d'association de retraités IRD/ORSTOM au service de l'institut.**

Chers anciens collègues

A la suite d'une suggestion du président Jean François GIRARD je vous contacte pour avoir votre avis et susciter votre intérêt pour la création d'une structure (qui pourrait être une association - loi de 1901) rassemblant certains retraités de l'IRD/ORSTOM susceptibles d'accomplir des tâches, relevant de leurs compétences passées, mais encore utiles à l'IRD et à ses missions.

Les retraités constituent un gisement de compétences qu'il est regrettable de voir s'évaporer définitivement au rythme croissant des départs actuels. Par ailleurs il existe probablement un champs d'activités à l'IRD qui pourrait être délégué à des retraités. Ces activités pourraient se traduire par des études, enquêtes, constitution de dossiers, animation de groupes de travail et/ou de réflexions, missions diverses... à la frontière de ce que les actifs (Direction, Unités de Recherche, administration) peuvent considérer comme secondaire mais qui est néanmoins nécessaire pour répondre à certaines demandes.

Il est clair que ces activités confiées à des retraités ne peuvent pas, ne doivent pas, s'identifier totalement à celles des actifs. Ceux-ci, notamment les membres du Comité de Direction, souvent sur-occupés et ne pouvant traiter avec toute l'attention nécessaire certains dossiers moins prioritaires, pourraient faire appel aux compétences de retraités mais cela ne doit pas signifier que ces retraités occupent des fonctions relevant de postes statutaires dévolus aux actifs.

Au delà d'une discussion précisant la cible générale des activités pouvant être confiées à des retraités et pour pouvoir formuler des propositions concrètes d'organisations, il paraît nécessaire de **débattre dans un groupe constitutif restreint** des différentes questions, fondamentales et pratiques qui se posent : statut juridique, critères d'appartenance, fonctionnement et gestion interne, relations avec la Direction.....

C'est pourquoi je vous invite à réagir à cette idée d'une organisation de retraités IRD/ORSTOM et si elle vous paraît bonne à nous organiser en un groupe constitutif restreint (les destinataires de cette lettre) et à nous réunir dans les semaines à venir (courant mars) pour discuter et faire avancer les questions évoquées plus haut.

Si vous avez connaissance d'autres retraités récents susceptibles de se joindre à notre noyau constitutif initial n'hésitez pas à les proposer mais pour plus d'efficacité il me paraît souhaitable que notre groupe ne dépasse pas un maximum de six à huit personnes. Un représentant du Comité de Direction serait également très utile à nos débats.

Nous pouvons nous joindre mutuellement par mail. Je rappelle ci-dessous nos adresses mail connues ou supposées (Faites les corrections nécessaires).

Philippe MATHIEU
Jacques MERLE
Jean-Anne VILLE
Bruno VOITURIEZ
Gérard WINTER

Bien amicalement

Jacques Merle

DOCUMENT 44 : Note d'entretien du Président *Girard* encourageant la création d'une association des anciens.

Jfg/fp
16 mai 2003

**Note d'entretien avec Jacques MERLE
le 6 mai 2003**

J'ai reçu Jacques MERLE, Directeur de Recherche émérite à qui j'avais fait part, il y a déjà plusieurs mois, de mon idée de créer un « **Club des Anciens** » susceptible de continuer d'apporter un soutien à notre Institut. Le type de mission et la forme de cette aide restait à définir.

Jacques Merle a accepté de débiter cette réflexion en réunissant 4 ou 5 personnes et en cherchant à faire l'inventaire des questions qui se posaient. Il est venu me rendre compte de ces premiers travaux. Je retiens trois points :

- A ce stade, un tel club doit rester informel et n'a pas besoin de structuration juridique ou administrative.
- Plusieurs idées d'activité viennent à l'esprit (accueil des nouveaux, diaspora des chercheurs, inventaire de l'IRD dans les différentes institutions...)
- L'idée de poursuivre est retenue. Jacques Merle a évoqué l'expression « groupe d'instruction du projet », ce qui doit conduire à une réunion élargie des Anciens à laquelle j'ai indiqué que la Direction pourrait participer.

Jean-François GIRARD

Destinataires :
DG
DIC
J. Merle



HISTORIQUE

L'Association des Anciens est née d'une suggestion du Président Girard, au début de l'année 2003, d'aider l'institut par des cercles de soutien extérieurs composés de personnes ayant eu des relations suivies avec l'institut. L'ensemble des anciens apparaissait de façon évidente comme l'un de ces cercles susceptibles d'apporter un soutien à l'institut en particulier par la « mémoire » dont sont dépositaires ces anciens.

J. Merle prit l'initiative en mars 2003 de réunir un premier noyau d'anciens pour examiner quelle forme pourrait prendre ce rassemblement et quels objectifs on pouvait lui assigner. Des rencontres avec la direction de l'institut (Président et Directeur Général) permirent de préciser ces objectifs. Dans un premier temps, il fut décidé de ne pas formaliser a priori ce rassemblement d'anciens mais de s'attacher en priorité à lui donner un contenu par des actions concrètes susceptibles de démontrer son utilité.

Dans ce contexte, début 2004, une série de rencontres avec les directeurs de départements, directions et services a permis de dresser une première liste des sujets que les anciens pouvaient envisager de traiter. Parmi ceux-ci quatre dossiers furent sélectionnés en septembre 2004 : (1) relations IRD et ONG, (2) l'IRD et les UMR, (3) historiques des relations entre l'IRD et les pays en développement, (4) l'IRD et les grandes organisations internationales.

Pour réaliser ces tâches et rassembler les anciens potentiellement intéressés, il fut décidé de créer un « Comité des Anciens » et de lancer une procédure d'inscription à ce comité auprès des retraités de moins de dix ans dont on avait pu obtenir les adresses. Une soixantaine d'anciens répondirent à cette invitation constituant ainsi un vivier initial qui fut rassemblé dans une « liste courriel » informatisée attachée aux procédures de communications électroniques habituelles de l'institut.

Dans le même temps le groupe initial d'anciens s'élargit par cooptation et se constitua en un « bureau provisoire ». La direction demanda alors (en 2005) de créer une association pour clarifier les relations des « anciens » avec l'administration de l'IRD. Celle-ci fut créée début 2006 en même temps qu'un site Internet, rattaché à l'intranet IRD.

L'Assemblée Générale du 8 novembre et l'élection d'un Conseil d'Administration a instauré l'Association et marqué le vrai départ d'une instance rassemblant des anciens de l'ORSTOM/IRD.



Table des matières

Chapitre I : Prélude

Premières rencontres avec la Terre et l'eau

L'océanographie définitivement

« Elève » Océanographe physicien à l'ORSTOM

Chapitre II : A la découverte des mers du sud

Les débuts de l'océanographie ORSTOM dans le Pacifique sud

Enfin un vrai Navire Océanographique

Une mise au point des objectifs scientifiques

Premiers contacts « physiques » avec le Pacifique sud

Le vent gouverne la circulation du Pacifique équatorial occidental

D'autres découvertes plus tropicales et plus lointaines

Des résultats scientifiques originaux dans le Pacifique sud

Un coup d'œil sur les abysses et l'océanographie américaine

Ma vie à Nouméa

Le retour

Chapitre III : De l'océanographie côtière au « Climat de l'océan »

L'exploitation des observations côtières dans le Golfe de Guinée

L'exploration des structures océaniques « productives » du Golfe de Guinée

La traque du « Climat de l'océan » commence à *Pointe Noire (Congo)* et se poursuit à *Brest*

Chapitre IV : A la découverte de l'Atlantique tropical

L'atmosphère fait irruption dans ma vie d'océanographe

Immersion dans les programmes internationaux océan-atmosphère

Les données historiques de l'Atlantique tropical livrent leurs secrets mais ouvrent une polémique scientifique

L'escapade américaine (1978 – 79)

Chapitre V : L'Atlantique tropical devient un laboratoire Franco-américain

L'Atlantique tropical : un terrain de jeux américain mais aussi français

Des objectifs communs aux deux programmes

Les opérations et l'organisation des deux programmes

Des soucis domestiques compliquent ma vie scientifique

Les principaux résultats scientifiques de FOCAL et SEQUAL

La réussite commune des deux programmes FOCAL et SEQUAL

Une thèse mouvementée

Chapitre VI : Immersion dans les grands programmes internationaux

Les organisations internationales pour l'étude du climat

L'océan dans le changement climatique : Le CCCO

Mon implication dans le CCCO

L'étude des interactions océan-atmosphère dans les tropiques

Mes « connivences » avec Pierre et Marie Curie !

Les tribulations d'un océanographe voyageur

Le programme TOGA

Le programme WOCE

L'espace nouveau domaine de coopération Franco-américain

Chapitre VII : De la recherche à l'administration de la recherche

L'ORSTOM un organisme de recherche très particulier

Directeur d'une « Unité de Recherche »

J'interviens dans un nouveau statut de l'ORSTOM

L'histoire de l'ORSTOM continue...

Implication dans la programmation nationale

Naissance de l'océanographie opérationnelle

Une certaine présence au niveau national

Une certaine visibilité au niveau international

Les médias s'en mêlent

La science reprend ses droits entre environnement et développement

Chapitre VIII : L'attraction de l'université

Retour sur mes débuts à l'université « Paris VI »

Ma thèse

Encadrement de thèses

Le refus du poste de professeur à Brest

Deuxième retour à « Paris VI »

Chapitre IX : De Genève à Nouméa : Escapades représentatives

Brève intrusion dans la bureaucratie internationale (1992 – 1993)

Retour au Pacifique sud

Les missions de la Délégation pour la Recherche dans le Pacifique sud

Le poids des organisations régionales dans le Pacifique sud

La science dans le Pacifique sud

La politique dans le Pacifique sud

La réorganisation de la recherche dans le Pacifique sud en 1997

Chapitre X : Retour aux responsabilités scientifiques

Retour au LODYC

Direction de l'UR «Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux »

Direction du Département Milieux et Environnement – DME

Fonctions représentatives

Chapitre XI : Chercheur émérite, médiateur et témoin du changement climatique

Émérite mais plus vraiment chercheur

Les « Anciens »

Médiateur pour finir

Propagandiste du changement climatique avec les « Argonautes »

Le futur de notre planète bleue

Ouvrages et articles scientifiques cités

Ouvrages généraux

Berger A., *Le climat de la Terre : un passé pour quel avenir ?* - De Boeck Université, 1992.

Duplessy J.C., *Quand l'océan se fâche* – Odile Jacob, 1996.

GIEC, *AR4 : Les éléments scientifiques. Rapport du groupe 1*, OMM/PNUÉ, 2007.

Gleizes M., *Un regard sur l'ORSTOM* – ORSTOM Edition, 1985.

Le Roy Ladurie E., *Histoire du climat depuis l'an Mil* - Flammarion, 1967.

Merle J., *Océan et climat* – Edition IRD, 2006.

Merle J., *L'océan gouverne-t-il le climat ?* – Vuibert, 2009.

Minster J.F., *La machine océan* – Flammarion, 1997.

Orsenna E., *Portrait du Gulf Stream* – Le Seuil, 2005.

Philander S.G., *Is the temperature rising ?* – Princeton University press (USA), 1998.

Philander S.G., *El Nino, La Nina, and the Southern Oscillation* - NY Academic Press, 1990.

Stommel H., *The Gulf Stream* - University of California Press, 1976.

Voituriez B., *Le Gulf Stream* – Edition UNESCO, 2006.

Articles scientifiques

Berrit G. R. *Les saisons marines à Pointe-Noire*, Bulletin d'Information du Comité Central d'Océanographie et d'étude des Côtes, 1958.

Bjerknes, J., *Atmospheric teleconnection from the equatorial Pacific*, MWR, 1969.

Bryan, K., *Measurements of meridional heat transport by ocean currents*, JGR, 1962.

Bryden, H. L., and M. M. Hall, *Heat transport by currents across 25 °N latitude by the Atlantic Ocean*, Science, 1980.

- Cane, M.A., and E.S. Sarachik**, *Equatorial oceanography*, Rev. Geophys., 1983..
- Charney, J. G.**, *Dynamics of deserts and drought in the Sahel*, Quaterly J. R. M. S., 1975.
- Cromwell, T., R.B. Montgomery, and E.D. Stroup**, *Equatorial undercurrent in Pacific Ocean revealed by new methods*, science, 1954.
- Düing, W., F. Ostapoff, and J. Merle**, *Physical oceanography of the tropical Atlantic during GATE*, UNESCO Edition, 1980.
- Fieux, M. and H. Stommel**, *Preliminary look at feasibility of using marine reports of sea surface temperature for documenting climatic change in the Western North Atlantic*, JMR, 1975.
- Ganachaud, A., and C. Wunsch**, *Large-Scale Ocean Heat and Freshwater Transports during the World Ocean Circulation Experiment*, J. of Clim., 2003.
- Garzoli, S. L., and E.J. Katz**, *The forced annual reversal of the Atlantic North Equatorial Countercurrent*, JPO, 1983.
- Hastenrath, S.**, *On meridional heat transport in the world ocean*, JPO, 1982.
- Hastenrath, S., and P. Lamb**, *Some aspects of circulation and climate over the eastern Equatorial Atlantic*, MWR, 1977.
- Hastenrath, S., and J. Merle**, *Annual Cycle of subsurface Thermal Structure of the Tropical Atlantic Ocean*, JPO, 1985.
- Hisard P.**, *Observations de réponses de type "El Nino" dans l'Atlantique tropical oriental , Golfe de Guinée*, Oceanol. Acta, 1980.
- Hisard, P., J. Merle, and B. Voituriez**, *The equatorial undercurrent at 170 °E in March and April 1967*, JMR, 1973.
- Knauss, J.A.**, *Equatorial current system*, The Sea, 1963.
- Knauss, J. A.**, *Measurements of the Cromwell current*, Deep Sea Res., 1960.
- Lamb, P. J.**, *Estimate of annual variation of Atlantic Ocean heat transport*, Nature, 1981.
- Levitus, S.**, *Annual cycle of heat storage in the world ocean*, JPO, 1984.
- Levitus, S., et al**, *warming of the world ocean*, Science, 2000.
- Mc Phaden, M.J.**, *The Equatorial Undercurrent ; 100 Years of Discovery*, EOS, 1986.

Merle, J., H. Rotschi, and B. Voituriez, *Zonal Circulation in the Tropical Western South Pacific at 170°E*, Bulletin of Japanese Society of Fisheries, 1969.

Merle, J., *Variabilité thermique annuelle et interannuelle de l'océan Atlantique équatorial est. L'hypothèse d'un "El Nino" Atlantique*, Oceanol. Acta, 1980.

Merle, J., *Seasonal heat budget in the equatorial Atlantic ocean*, JPO, 1982.

Moore, D.W., and S.G.H. Philander, *Modeling of the tropical oceanic circulation*, The Sea Vol 6, 1977.

Moura, A.D., and J. Shukla, *On the dynamics of droughts in northeast Brazil : observations, theories and numerical experiments with a general circulation model*, JAS, 1981.

O'Brien, J. J., D. Adamec, and D. Moore, *A simple model of equatorial upwelling in the Gulf of Guinea*, GRL, 1978.

Oort, A.H., and T.H. Vonder Haar, *On the observed annual cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the northern hemisphere*, JPO, 1976.

Philander, S.G.H., *Unusual conditions in the tropical Atlantic in 1984*, nature, 1986.

Philander, S.G.H., and R.C. Pacanowski, *A model of the seasonal cycle in the tropical Atlantic ocean*, JGR, 1986.

Philander, S.G.H., *Equatorial undercurrent : Measurements and theories*, Rev. Geophys., 1973.

Rasmussen, E.M., and T.H. Carpenter, *Variation in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation / El Nino*, MWR, 1982.

Roederer, P., *Laboueurs d'océan – La marine ORSTOM*, Edition ORSTOM, 2005.

Servain, J., J. Picaut, and J. Merle, *Evidence of remote forcing in the equatorial Atlantic*, JPO, 1982.

Stommel, H., *Asymmetry of interoceanic fresh-water and heat fluxes*, Proc. Nat. Acad. Sc. USA, 1980.

Wyrtki, K., *El Nino - The dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing*, JPO, 1975.

Wyrtki, K., *Water displacements in the Pacific and the genesis of El Nino cycles*. JGR, 1985.

Walker, G.H., *Correlation in seasonal variations of weather : a further study of world weather*, Mem. Indian Meteorol. Dep., 1924.

Liste des acronymes

BNDO : Bureau National des Données Océaniques. Première dénomination du centre de données océaniques français mis en place par le CNEXO (IFREMER), parallèle au NODC américain.

CCCCO : *Committee for Climatic Changes and the Oceans*. Instance scientifique internationale (une douzaine de membres) créée par le SCOR (dépendant du CIUS) et la COI en 1979 et chargée d'élaborer les programmes d'océanographie nécessaire aux recherches sur le climat.

CIUS : Conseil International des Unions Scientifiques (CIUS - ICSU en anglais). Organisation scientifique internationale émanation des académies des sciences des pays participants.

CLIVAR : *CLimate VARIability*. Programme international d'étude du climat qui dépend du Programme Mondial de Recherche sur le Climat.

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique (français).

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales (français).

CNEXO : Centre National d'Exploitation des Océans. Organisme français précurseur de l'IFREMER.

COI : Commission Océanographique Intergouvernementale (IOC en anglais), dépend de l'UNESCO.

DIRCEN : Direction des Centres d'Expérimentation nucléaire

ENSO : Abréviation anglaise pour « *El Nino and Southern Oscillation* »

EQUALANT : *Equatorial Atlantic Experiment*. Programme international d'étude de l'océan Atlantique équatorial.

EQUAPAC : *Equatorial Pacific*. Programme international des années 1950 dans l'océan Pacifique équatorial

FGGE : *First GARP Global Experiment*. Première Expérience Mondiale du GARP (PEMG) en français.

FOCAL : Programme Français Océan et Climat dans l'Atlantique Equatorial. Associé au programme américain SEQUAL.

GARP : *Global Atmospheric Research Programme*. Programme de Recherche sur l'Atmosphère Globale en français, mis en place par l'OMM en 1970, précurseur du Programme Mondial de Recherche sur le Climat.

GATE : *GARP Atlantic Tropical Experiment*. Expérience Tropicale du GARP dans l'Atlantique (ETGA) en français, réalisée entre juin et septembre 1974.

GCOS : *Global Climate Observing System*. Instance internationale créée par l'OMM et la COI pour coordonner un système d'observation du climat.

GEOSAT : Satellite d'observation de la Terre américain lancé en 1984 par la Navy avec pour mission principale de déterminer le Géoïde.

GEOSECS : *Geochemical Sections*. Programme Américain des années 1970 destiné à l'observation des traceurs géochimiques de l'océan.

GFDL : *Geophysical Fluid Dynamic Laboratory*, célèbre institut dédié à l'étude de l'atmosphère et de l'océan fondée par la NOAA et l'Université de Princeton.

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Étude du Climat (IPCC en anglais) créé en 1988 au sein de l'OMM pour faire régulièrement le point des connaissances sur le changement climatique.

GODAE : *Global Ocean Data Assimilation Experiment*.

GOOS : *Global Ocean Observing System*. Sous le contrôle conjoint de la COI et de l'OMM.

GPS : *Global Positioning System*. Système de positionnement par satellites américain.

ICSU : *International Council of Scientific Unions*. Voir CIUS.

IFREMER : Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer.

IRD : Institut de Recherche pour le Développement. Anciennement ORSTOM.

IRI : *International Research Institut for Climate Prediction*.

JASON : Nom donné à un programme spatial franco-américain qui fait suite à TOPEX/POSEIDON.

J-GOFS : *Joint Global Ocean Flux Study*.

JSC : *Joint Scientific Committee*. Comité scientifique principal de l'OMM.

LODYC : Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie, établi au sein de l'Université Paris VI. Devenu LOCEAN.

MIT : Massachusetts Institut of Technology (Boston - USA).

MODE : *Mid-Ocean Dynamics Experiment*.

NAO : *North Atlantic Oscillation*.

NASA : *National Aeronautic and Space Administration (USA)*.

NODC : *National Oceanographic Data Center (USA)*.

NOAA : *National Oceanographic and Atmospheric Administration (USA)*.

OMM : Organisation Météorologique Mondiale (WMO en anglais). Agence technique de l'ONU.

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer. Ancienne dénomination de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement).

PEMIG : Première Expérience Mondiale du GARP. FGGE en anglais.

PMRC : Programme Mondial de Recherche sur le Climat. WCRP en anglais. Créé en 1980 par l'OMM et l'ICSU.

PNEDC : Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat.

SCOR : *Scientific Committee for Oceanic Research*. Dépend de l'ICSU.

SEASAT : Satellite d'observation de l'océan lancé par la NASA en 1978.

SEQUAL : *Seasonal Equatorial Experiment*. Programme américain associé au programme français FOCAL.

SHOM : Service (français) Hydrographique et Océanographique de la Marine.

TOGA : *Tropical Oceans and Global Atmosphere*.

TOPEX-POSEIDON : Rassemblement de deux programmes spatiaux, l'un français : POSEIDON et l'autre américain : TOPEX destinés à observer la topographie de la surface de l'océan à l'aide d'altimètres.

WCRP : *World Climate Research Programme*. Version anglais de « Programme Mondial de Recherche sur le Climat - PMRC » mis en place par l'OMM et l'ICSU en 1980.

WOCE : *World Ocean Circulation Experiment*.

WWW : *World Weather Watch*. Veille Météorologique Mondiale (VMM), dépend de l'OMM.

XBT : *Expendable Bathy Thermograph*. Sonde thermique jetable à partir de navire en route. XCTD si la conductivité (salinité) est aussi mesurable.

Bibliographie de Jacques Merle

Pourquoi le climat est devenu aussi rapidement une préoccupation scientifique majeure ?

- 1 2011 Chapitre d'ouvrage fdi:010051625
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source CHABREUIL A. (ED.), PETIT M. (ED.), ORSENNA E. (PREF.). *Climat : une planète et des hommes : quelle influence humaine sur le changement climatique ?*, Paris : Le Cherche Midi, 2011, p. 73-81. ISBN 978-2-7491-1979-3
-

L'Océan et le climat, quel rapport ?

- 2 2011 Chapitre d'ouvrage fdi:010051627
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source CHABREUIL A. (ED.), PETIT M. (ED.), ORSENNA E. (PREF.). *Climat : une planète et des hommes : quelle influence humaine sur le changement climatique ?*, Paris : Le Cherche Midi, 2011, p. 116-122. ISBN 978-2-7491-1979-3
-

Quelles observations pour mieux prévoir le climat ? : le rôle décisif des satellites

- 3 2011 Chapitre d'ouvrage fdi:010051632
Auteurs LEFEBVRE M., BARLIER F., **MERLE JACQUES.**
Source CHABREUIL A. (ED.), PETIT M. (ED.), ORSENNA E. (PREF.). *Climat : une planète et des hommes : quelle influence humaine sur le changement climatique ?*, Paris : Le Cherche Midi, 2011, p. 151-157. ISBN 978-2-7491-1979-3
-

4 Le rôle de l'océan dans le climat : une conquête scientifique récente

- 2011 Article fdi:010051832
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *L'Ingénieur*, 2011, (266), p. 1-10. ISSN 0399-8304
-

5 L'Océan gouverne-t-il le climat ? : histoire d'une conquête scientifique récente

- 2009 Ouvrage fdi:010046880
Auteurs **MERLE JACQUES**, LABROUSSE J. (PREF.).
Source Paris (FRA), Paris (FRA), Marseille : Vuibert, Adapt-SNES, IRD, 2009, 246 p. + 8 p. . ISBN 978-2-7117-2227-3, 978-2-35656-002-5, 978-2-7099-1664-6
-

6 Océan et climat

- 2006 Ouvrage fdi:010036416
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source Paris : IRD, 2006, 222 p. ISBN 2-7099-1584-7
-

South Pacific climate variability and its impact on low-lying islands

- 7 1998 Article fdi:010021320
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 1998, 27 (3), p. 461-473. ISSN 0303-7495
Source Conséquences Climatiques et Hydrologiques du Phénomène El Niño à l'Echelle Régionale et Locale, 1997/11, Quito
-

South-Pacific climate variability and its impact on low-lying islands

1997 Colloque fdi:010056887

Auteurs **MERLE JACQUES.**

- 8 **CADIER ERIC (ED.), GALARRAGA R. (ED.).** *Consecuencias climaticas e hidrologicas del evento El Nino a escala regional y local : incidencia en America del Sur*, Quito (ECU), Quito : INAMHI, ORSTOM, 1997, p. 243-255.
Source Seminario Internacional sobre las Consecuencias Climaticas e Hidrologicas del Evento El Nino a Escala Regional y Local, 1997/11/26-29, Quito
-

Environnement climatique du Pacifique Sud

1995 Colloque fdi:010006629

Auteurs **MERLE JACQUES.**

- 9 **RICARD M. (ED.).** *Quelle recherche française en environnement dans le Pacifique Sud : bilans et perspectives*, Paris (FRA), Paris : Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 1995, p. 5-20.
Source *Quelle Recherche Française en Environnement dans le Pacifique Sud ? Bilans et Perspectives : Colloque*, 1995/03/28-31, Paris
-

Interannual climate variations over the tropical Atlantic ocean

1993 Colloque fdi:010006280

Auteurs **SERVAIN JACQUES, MERLE JACQUES.**

- 10 **SHUKLA J. (ED.).** *Prediction of interannual climate variations*, Berlin (DEU), New York : Springer, 1993, p. 153-172. (NATO ASI Series.Series 1 : Global Environmental Change).
Source NATO Advanced Research Workshop on Prediction of Interannual Climate Variations, 1991, Trieste
-

11 Low-frequency variability of the Tropical Atlantic surface topography : altimetry and model comparison

1992 Article fdi:42206

Auteurs **ARNAULT SABINE, MORLIERE ALAIN, MERLE JACQUES.**

Source *Journal of Geophysical Research*, 1992, 97 (C9), p. 259-288. ISSN 0148-0227

12 Geosat sea-level assimilation in a tropical Atlantic model using Kalman filter

1992 Article fdi:010016163

Auteurs **GOURDEAU L., ARNAULT SABINE, MENARD Y., MERLE JACQUES.**

Source *Oceanologica Acta*, 1992, 15 (5), p. 567-574. ISSN 0399-1784

Océanographie physique et hydroclimatologie françaises dans le Pacifique (1960-1990)

1991 Article fdi:36901

Auteurs **HISARD PHILIPPE, MERLE JACQUES.**

- 13 **DOUMENGE F. (ED.), DOUMENGE J.P. (ED.).** *Le Pacifique : l'océan, ses rivages et ses îles = The Pacific : the ocean, its shores and islands*, *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 1991, (1439; 14), p. 197-230. ISSN 0758-864 X
Source Trente ans de Recherche Scientifique Française dans le Pacifique (1960-1990) : Colloque, 1990/11/06, Paris
-

14 Le programme international géosphère biosphère et l'ORSTOM

1991 Article fdi:010018641

Auteurs **GUILLAUMET JEAN-LOUIS, MERLE JACQUES, SERVANT MICHEL, SIRCOULON JACQUES.**

Source *ORSTOM Actualités*, 1991, (32), p. 8-10. ISSN 0758-833X

- Influence de l'Océan Atlantique tropical sur les hydroclimats du Sahel et du Nordeste**
- 15** 1991 Colloque fdi:010026911
 Auteurs SERVAIN J., **MERLE JACQUES**, MORLIERE ALAIN.
 s.l. : s.n., 1991, 10 p. multigr.
 Source Impacts of Climatic Variations and Sustainable Development in Semi-Arid Regions : International Conference, 1992/01/27; 1992/02/01, Fortaleza
-
- Océanographie physique et hydroclimatologie française dans le Pacifique**
- 16** 1991 Chapitre d'ouvrage NOU00407852
 Auteurs HISARD PHILIPPE, **MERLE JACQUES**.
 , Bordeaux : Centre de Recherche sur les Espaces Tropicaux, Institut Océanographique de Monaco, 1991, p. 197,230. (Iles et Archipels). ISSN 0758-684X
-
- 17 Interactions océan-atmosphère dans les Tropiques**
- 1990 Article fdi:31217
 Auteurs **MERLE JACQUES**, HISARD PHILIPPE.
 Source *Annales de Géographie*, 1990, (553), p. 273-289. ISSN 0003-4010
-
- 18 Observing the Tropical Atlantic ocean in 1986-1987 from altimetry**
- 1990 Article fdi:42200
 Auteurs ARNAULT SABINE, MENARD Y., **MERLE JACQUES**.
 Source *Journal of Geophysical Research*, 1990, 95 (C10), p. 17,921-17,945. ISSN 0148-0227
-
- A.R.A.M.I.S. 1 à bord du "La Fayette" 21 septembre-14 octobre 1988**
- 19** 1990 Littérature grise fdi:010026598
 Auteurs ARNAULT SABINE, GOURDEAU L., MENARD Y., **MERLE JACQUES**, PEIGNON CHRISTOPHE, PITON BERNARD.
 Source Paris (FRA), Paris : Université Pierre et Marie Curie, ORSTOM, 1990, 93 p. multigr. (Rapport Interne - LODYC ; 90/09).
-
- 20 Cycles et effets "retard" : l'exemple des océans**
- 1989 Article fdi:43856
 Auteurs **MERLE JACQUES**.
 Source *Economie et Humanisme*, 1989, (308), p. 36-41.
-
- 21 Assimilation of temperature profiles in a general circulation model of the Tropical Atlantic**
- 1989 Article fdi:43857
 Auteurs MORLIERE ALAIN, REVERDIN G., **MERLE JACQUES**.
 Source *Journal of Physical Oceanography*, 1989, 19 (12), p. 1892-1899. ISSN 0022-3670
-
- Un exemple de modèle pré-opérationnel : le modèle de l'Atlantique tropical**
- 22** 1989 Chapitre d'ouvrage fdi:43858
 Auteurs **MERLE JACQUES**, MORLIERE ALAIN.
 Source *Actes du colloque science et défense*, 1989, 18 p. Colloque Science et Défense, 1989
-
- 23 "Vingt ans après": the 170°E equatorial section revisited**
- 1989 Colloque NOU00409799
 Auteurs HISARD PHILIPPE, **MERLE JACQUES**, VOITURIEZ B.
 Source *Western Pacific international meeting and workshop on TOGA COARE: Nouméa, New Caledonia: May 24-30, 1989: abstracts*, Nouméa : ORSTOM, 1989, p. 43.

-
- 24** **Toward an operational 3 dimensional simulation of the tropical Atlantic Ocean**
1988 Article fdi:25512
Auteurs **MERLE JACQUES, MORLIERE ALAIN.**
Source *Geophysical Research Letters*, 1988, 15 (7), p. 653-656. ISSN 0094-8534
-
- A sea-level pressure index and the warm events in the Tropical Atlantic ocean**
1987 Colloque fdi:24927
Auteurs **TOURRE YVES, MERLE JACQUES, QUILFEN Y.**
- 25** Paléolacs et paléoclimats en Amérique latine et en Afrique (20 000 ans B.P. - Actuel) : résumés des communications présentées au séminaire, *Géodynamique*, 1987, 2 (2), p. 161-162. ISSN 0766-5105
Source Paléolacs et Paléoclimats en Amérique Latine et en Afrique (20 000 ans B.P. - Actuel), 1987/01/29-30, Bondy
-
- 26** **Annual cycle of subsurface thermal structure in the Tropical Atlantic ocean**
1987 Article fdi:43826
Auteurs HASTENRATH S., **MERLE JACQUES.**
Source *Journal of Physical Oceanography*, 1987, 17, p. 1518-1538. ISSN 022-3670
-
- Equatorial upwelling at 4°W during the FOCAL program**
- 27** 1987 Article fdi:43853
Auteurs **COLIN CHRISTIAN, GONELLA J., MERLE JACQUES.**
Source Proceedings international symposium on equatorial vertical motion, *Oceanologica Acta*, 1987, (N° spécial), p. 39-49.
International Symposium on Equatorial Vertical Motion, 1987/05/6-10, Paris
-
- 28** **On the annual cycle of subsurface heat budget and thermal structure of the Tropical Atlantic**
1987 Article fdi:43854
Auteurs HASTENRATH S., **MERLE JACQUES.**
Source *Beitrag zur Physik der Atmosphäre*, 1987, 60 (1), p. 1-11. ISSN 0005-8173
-
- Sea-level (A) pressure index and the warm events in the tropical Atlantic ocean**
1986 Chapitre d'ouvrage fdi:23959
Auteurs **TOURRE YVES, MERLE JACQUES, QUILFEN YVES.**
- 29** FAURE H. (ED.), FAURE L. (ED.), DIOP E.S. (ED.). *Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire : passé, présent, futur : volume des résumés = Global change in Africa during Quaternary : past, present, future : volume of abstracts*, Paris : ORSTOM, 1986, p. 465-466. (Travaux et Documents de l'ORSTOM ; 197). ISBN 2-7099-0797-6
-
- Océan tropical et climat : recherches nationales et internationales**
- 30** 1986 Chapitre d'ouvrage fdi:23581
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source **TOURRE Y.M. (ED.).** *Climat et développement*, Paris : ORSTOM, 1986, p. 49-51. (Colloques et Séminaires). ISBN 2-7099-0798-4
-
- 31** **The annual march of heat storage and export in the Tropical Atlantic ocean**
1986 Article fdi:43855
Auteurs HASTENRATH S., **MERLE JACQUES.**
Source *Journal of Physical Oceanography*, 1986, 16 (4), p. 694-708. ISSN 0022-3670
-

Study of mass and heat transport of the Tropical Atlantic ocean using models and altimeter data

- 32** 1986 Chapitre d'ouvrage fdi:010005365
Auteurs **MERLE JACQUES**, ARNAULT SABINE, VERSTRAETE JEAN-MARC, MENARD Y., GOURDEAU L.
Source *Topex/Poseidon science investigations plan*, s.l : s.n., 1986, p. 89-90.
-

- 33** **Seasonal variability of the surface dynamic topography in the Tropical Atlantic ocean**
1985 Article fdi:42198
Auteurs **MERLE JACQUES**, ARNAULT SABINE.
Source *Journal of Marine Research*, 1985, 43 (2), p. 267-288. ISSN 0022-2402
-

Les crises climatiques

- 34** 1985 Chapitre d'ouvrage fdi:010005369
Auteurs **MERLE JACQUES**, GILLET H.
Source *Encyclopedia universalis*, Paris : Encyclopedia Universalis France , 1985, p. 152-157.
-

- 35** **Diagnostic studies of the thermal structure of the Tropical Atlantic ocean**
1985 Article fdi:010006284
Auteurs **MERLE JACQUES**.
Source *WRCP Publications Series*, 1985, (4), p. 23-39.
-

- 36** **El Nino 1982-1983 et ses conséquences climatologiques**
1984 Article fdi:43830
Auteurs **MERLE JACQUES**, TOURRE YVES.
Source *Met-Mar*, 1984, (3), p.
-

- 37** **Objective analysis of simulated Equatorial Atlantic ocean data on seasonal time scales**
1984 Article fdi:010006329
Auteurs MCPHADEN M.J., REVERDIN G., **MERLE JACQUES**, PENHOAT YVES DU, KARTAVSEFF A.
Source *Deep-Sea Research*, 1984, 31 (5), p. 551-569. ISSN 0198-0149
-

- 38** **On the seasonal variations of the Atlantic north equatorial countercurrent**
1984 Article fdi:010016205
Auteurs ARNAULT SABINE, **MERLE JACQUES**.
Source *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 1984, , p. 6.
-

- 39** **L'apport de la recherche au Sahel**
1984 Article fdi:010026390
Auteurs **MERLE JACQUES**, GUILLOT BERNARD, BERNUS EDMOND.
Source *ORSTOM Actualités*, 1984, (2), p. 5-7. ISSN 0758-833X
-

Relative roles of thermal oceanic and tropospheric structures, on squall lines propagation

- 40** 1983 Colloque fdi:04266
Auteurs TOURRE YVES, **MERLE JACQUES**, SOARES G.
Source *IUGG inter-disciplinary symposia : programme and abstracts*, sl : IUGG, 1983, p. 795.
Source *IUGG Inter-Disciplinary Symposia : General Assembly*, 18., 1983/08/15-27, Hamburg
-

- Seasonal oscillations of the thermocline in the tropical Atlantic ocean**
- 1983 Colloque fdi:04267
- 41 *Auteurs* **MERLE JACQUES, DELCROIX THIERRY.**
Source *IUGG inter-disciplinary symposia : programme and abstracts*, sl : IUGG, 1983, p. 801.
IUGG Inter-Disciplinary Symposia : General Assembly, 18., 1983/08/15-27, Hamburg
-
- Double seasonal tilt of the thermocline in the Tropical Atlantic ocean**
- 1983 Article fdi:42374
- Auteurs* **MERLE JACQUES, DELCROIX THIERRY.**
Source *Tropical Ocean Atmosphere Newsletters*, 1983, 18, p. 15-16. ISSN 0749-6702
-
- Seasonal variability of subsurface thermal structure in the Tropical Atlantic ocean**
- 43 1983 Colloque fdi:010005363
- Auteurs* **MERLE JACQUES.**
Source *Proceedings of the 14th Liège colloquium on ocean hydrodynamics*, Amsterdam : Elsevier, 1983, p. 31-49. (Proceedings - Liège Colloquium on Ocean Dynamics).
Colloquium on Ocean Hydrodynamics, 14., 1983, Liège
-
- Mesure de la variabilité basse fréquence (saisonnière et interannuelle) de la topographie dynamique de la surface de l'océan**
- 44 1983 Littérature grise fdi:010026912
- Auteurs* **MERLE JACQUES.**
Source LEFÈBVRE M. (ED.), MINISTER J.F. (ED.), GONELLA J. (ED.), CHASSAING J.P. (ED.), FELLOUS J.L. (ED.), FRANKIGNOUL C. (ED.), MADELAIN F. (ED.). *Poséidon*, Toulouse : CNES, 1983, 11 p. multigr.
-
- El Nino 1982-1983 et ses conséquences climatologiques**
- 45 1983 Article NOU00402811
- Auteurs* **MERLE JACQUES, TOURRE YVES.**
Source *Met Mar*, 1983, , p. 31-39. ISSN 0222-5123
-
- Mise en évidence d'un couplage à longue distance entre le vent et la température de surface dans l'Atlantique équatorial**
- 46 1982 Article fdi:010005373
- Auteurs* SERVAIN J., PICAUT JOËL, **MERLE JACQUES.**
Source *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences.Série 2 : Mécanique ...*, 1982, 294, p. 789-792.
-
- Evidence of remote forcing in the Equatorial Atlantic ocean**
- 47 1982 Article fdi:010005375
- Auteurs* SERVAIN J., PICAUT JOËL, **MERLE JACQUES.**
Source *Journal of Physical Oceanography*, 1982, 12 (5), p. 457-463. ISSN 0022-3670
-
- Les interactions océan-atmosphère à grande échelle et le climat**
- 48 1982 Article fdi:010005377
- Auteurs* **MERLE JACQUES.**
Source *Le Courrier du CNRS*, 1982, (46), p. 23-27.
-
- Sur le mécanisme des variations saisonnières et interannuelles de la structure thermique dans le Golfe de Guinée**
- 49 1982 Littérature grise fdi:010026928
- Auteurs* PICAUT JOËL, SERVAIN J., ROY CLAUDE, **MERLE JACQUES (COLLAB.)**.
Source Brest : Université de Bretagne Occidentale, 1982, 175 p. multigr.

- 50 Le programme "FOCAL" : programme français "Océan et climat" dans l'Atlantique équatorial**
1981 Article fdi:010005367
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Met-Mar*, 1981, (111), p. 6-12.
-
- Onset of summer surface cooling in the gulf of Guinea during GATE**
- 51 1980 Chapitre d'ouvrage** fdi:10133
Auteurs **HISARD PHILIPPE, MERLE JACQUES.**
Source DÜING W. (ED.). *Global atmospheric research program Atlantic Tropical Experiment (GATE) GATE-2 : equatorial and a-scale oceanography*, Oxford : Pergamon Press, 1980, p. 325-341.
-
- 52 Seasonal variation of heat-storage in the tropical Atlantic ocean**
1980 Article fdi:00018
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Oceanologica Acta*, 1980, 3 (4), p. 455-463. ISSN 0399-1784
-
- 53 Seasonal heat budget in the equatorial Atlantic ocean**
1980 Article fdi:03928
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Journal of Physical Oceanography*, 1980, 10 (3), p. 464-469.
-
- 54 Physical oceanography of the tropical Atlantic during gate**
1980 Ouvrage fdi:14512
Auteurs DÜING W., OSTAPOFF F., **MERLE JACQUES**, LEE V. (ED.).
Source Paris : Intergovernmental Oceanographic Commission, 1980, 117 p.
-
- 55 Variabilité thermique annuelle et interannuelle de l'océan Atlantique équatorial est : l'hypothèse d'un "El Nino" Atlantique**
1980 Article fdi:010006282
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Oceanologica Acta*, 1980, 3 (2), p. 209-220. ISSN 0399-1784
-
- 56 Océan et climat : les fonctions thermiques de l'océan dans la dynamique du climat : une revue des idées actuelles**
1980 Article fdi:010005379
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *La Météorologie*, 1980, (22), p. 85-95. ISSN 0026-1181
-
- 57 Historical temperature data in the Atlantic**
1980 Article fdi:010026910
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 1980, (3), p. 4.
-
- 58 Annual signal and interannual anomalies of sea surface temperature in the Eastern Equatorial Atlantic ocean**
1979 Article fdi:010004525
Auteurs **MERLE JACQUES**, FIEUX M., **HISARD PHILIPPE.**
Source *Deep Sea Research Gate Supplement*, 1979, 5 (26), p. 77-102.

- 59 Atlas hydrologique saisonnier de l'océan Atlantique intertropical**
1978 Carte fdi:92225
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source Paris : ORSTOM, 1978, 184 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM ; 82). ISBN 2-
-
- 60 Equatorial adjustment in the Eastern Atlantic**
1978 Article fdi:010006286
Auteurs MOORE D., HISARD PHILIPPE, MCCREARY J., **MERLE JACQUES**, O'BRIEN J., PICAUT JOËL, VERSTRAETE JEAN-MARC, WUNSCH C.
Source *Geophysical Research Letters*, 1978, 5 (8), p. 637-640. ISSN 0094-8276
-
- 61 Cycle annuel moyen de la température dans les couches supérieures de l'océan Atlantique intertropical**
1978 Article fdi:010006288
Auteurs **MERLE JACQUES**, LE FLOCH J.
Source *Oceanologica Acta*, 1978, 1 (3), p. 271-276. ISSN 0399-1784
-
- L'expérience GATE : un exemple d'étude d'interaction océan-atmosphère à l'échelle d'un océan**
- 62 1978** Article fdi:010006290
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Interaction océan-atmosphère, *Océanis*, 1978, 4 (4), p. 294-296.
Source Séminaires du Laboratoire d'Océanographie Physique sur l'Interaction Océan-Atmosphère, 1978, Paris
-
- Projet de recherches intensives sur le listao de l'Atlantique (*Katsuwonus pelamys*)**
- 1977** Littérature grise fdi:08753
63 Auteurs FONTENEAU ALAIN, PIANET RENAUD, CAYRE PATRICE (COLLAB.), MARCILLE JACQUES (COLLAB.), CHAMPAGNAT CHRISTIAN (COLLAB.), CONAND FRANÇOIS (COLLAB.), FONTANA ANDRE (COLLAB.), FRONTIER SERGE (COLLAB.), GALLARDO YVES (COLLAB.), LAUREC A. (COLLAB.), LEE (COLLAB.), LE GALL J.Y. (COLLAB.), MARCHAL EMILE (COLLAB.), **MERLE JACQUES** (COLLAB.), STRETTA JEAN-MICHEL (COLLAB.), BOUR WILLIAM (COLLAB.).
Source Brest : ORSTOM, 1977, 79 p. multigr.
-
- Colloque international sur les résultats océanographiques de l'opération Gate**
- 1977** Article fdi:010006292
64 Auteurs **MERLE JACQUES.**
Résultats Océanographiques de l'opération Gate, *Journal de la Recherche Océanographique*, 1977, 2 (3), p. 55-60.
Source Colloque International sur les Résultats Océanographiques de l'Opération Gate, 1976/09/6-10, Brest
-
- 65 Les eaux intermédiaires antarctiques dans l'Atlantique intertropical**
1975 Article fdi:19702
Auteurs LE FLOC'H J., **MERLE JACQUES.**
Source *Cahiers ORSTOM.Série Océanographie*, 1975, 13 (3), p. 217-237.
-
- 66 L'opération Gate : intérêt pour l'océanographie physique**
1975 Article fdi:010004527
Auteurs **MERLE JACQUES.**
Source *Journal de la Recherche Océanographique*, 1975, 1 (2), p. 35-60.
-

- 67 Station côtière en Atlantique tropical : hydroclimat et production primaire**
1972 Littérature grise fdi:05828
Auteurs DUFOR PHILIPPE, **MERLE JACQUES**.
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1972, 48 p. multigr.
-
- 68 Conditions hydrologiques saisonnières de la marge continentale du Gabon et du Congo (de 1° N à 6° S) : étude descriptive**
1972 Littérature grise fdi:05829
Auteurs **MERLE JACQUES**, GUILLERM JEAN-MAURICE (COLLAB.), PIANET RENAUD (COLLAB.).
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1972, 21 p. multigr.
-
- 69 Répertoire et catalogue classés des observations d'océanographie physique réalisées par le Centre ORSTOM de Pointe-Noire (1950-1969)**
1971 Littérature grise fdi:05357
Auteurs GUILLERM JEAN-MAURICE, **MERLE JACQUES**, BORSETTI M.L.
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1971, 172 p. multigr.
-
- 70 Compte-rendu d'exécution : campagne "dôme d'Angola", cap. 04/71 (5 février-13 mars), Niz. 02/71 (9 février-27 mars)**
1971 Littérature grise fdi:04587
Auteurs **MERLE JACQUES**.
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1971, 5 p. multigr.
-
- 71 Hydrologie saisonnière de la région de Dakar (étude descriptive) : document provisoire**
1971 Littérature grise fdi:43471
Auteurs **MERLE JACQUES**.
Source s.l. : s.n., 1971, 93 p. multigr.
-
- 72 The equatorial undercurrent at 170° E in march and april 1967**
1970 Article fdi:14405
Auteurs HISARD PHILIPPE, **MERLE JACQUES**, VOITURIEZ BRUNO.
Source *Journal of Marine Research*, 1970, 28 (3), p. 281-303.
-
- 73 Projets d'études d'océanographie physique en Atlantique tropical**
1970 Littérature grise fdi:04478
Auteurs **MERLE JACQUES**.
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1970, 12 p. multigr.
-
- 74 Résultats hydrologiques de la campagne Niz.02 (7 juillet-23 juillet 1970)**
1970 Littérature grise fdi:04480
Auteurs **MERLE JACQUES**, GUILLERM JEAN-MAURICE.
Source Pointe-Noire : ORSTOM, 1970, 2 p. multigr.
-
- 75 Sur l'évolution de la relation température-salinité en un point fixe, à l'équateur, dans le Pacifique occidental, pendant une période de 6 jours**
1969 Article fdi:19559
Auteurs **MERLE JACQUES**, NOËL JACQUES.
Source *Cahiers ORSTOM.Série Océanographie*, 1969, 7 (2), p. 93-100.
-
- 76 Résultats des observations physico-chimiques et courantométriques de la croisière "Cyclone 7" du NO Coriolis**
1969 Littérature grise fdi:13878
Auteurs MAGNIER YVES, **MERLE JACQUES**, COLIN CHRISTIAN, OUDOT CLAUDE, ROUGERIE FRANCIS.
-

Source Nouméa : ORSTOM, 1969, 86 p. multigr.

77 Analyse des courants superficiels et subsuperficiels équatoriaux durant une période de six jours à 170° Est

1969 Article fdi:13498

Auteurs NOËL JACQUES, MERLE JACQUES.

Source Congrès UGGI, *Cahiers Océanographiques*, 1969, 21 (7), p. 663-671.

78 Résultats des observations physico-chimiques de la croisière "Diadème" du N.O. Coriolis

1969 Littérature grise fdi:13881

Auteurs ROTSCHI HENRI, JARRIGE FRANÇOIS, MERLE JACQUES, RUAL PIERRE.

Source Nouméa : ORSTOM, 1969, 16 p. multigr.

79 Zonal circulation in the Tropical Western South Pacific at 170°E

1969 Article fdi:010006294

Auteurs MERLE JACQUES, ROTSCHI HENRI, VOITURIEZ BRUNO.

Source *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 1969, (No spécial), p. 91-98. ISSN 0182-0745

80 Résultats des observations physico-chimiques de la croisière "Cyclone 4" du NO "Coriolis"

1968 Littérature grise fdi:12784

Auteurs JARRIGE FRANÇOIS, MERLE JACQUES, NOËL JACQUES.

Source Nouméa : ORSTOM, 1968, 22 p. multigr.

81 Résultats des observations physico-chimiques de la croisière "Cyclone 1" du N.O. "Coriolis"

1968 Littérature grise fdi:13440

Auteurs NOËL JACQUES, MERLE JACQUES.

Source Nouméa : ORSTOM, 1968, 16 p. multigr.

82 Résultats des observations physico-chimiques de la croisière "Cyclone 3" du N.O. Coriolis

1968 Littérature grise fdi:12788

Auteurs MAGNIER YVES, ROTSCHI HENRI, VOITURIEZ BRUNO, MERLE JACQUES.

Source Nouméa : ORSTOM, 1968, 23 p. multigr.

83 Rapport de mission à bord du navire océanographique "ALEXANDER AGASSIZ" de la Scripps Institution of Oceanography : 17 juin-22 juillet 1968

1968 Littérature grise fdi:010022696

Auteurs MERLE JACQUES.

Source Nouméa : ORSTOM, 1968, 8 p. multigr.

84 Analyse des courants superficiels et sub-superficiels durant une période de 8 jours à 170°E

1967 Colloque NOU00407120

Auteurs NOËL JACQUES, MERLE JACQUES.

Source , Nouméa : ORSTOM, 1967, 1 p.

85 Croisière bathymétrique aux Nouvelles Hébrides à bord du Coriolis

1967 Littérature grise NOU00407846

Auteurs CHALVRON M. (DE), DUBOIS JACQUES, MERLE JACQUES, REICHENFELD CLAUDE.

Source Nouméa : ORSTOM, 1967, 10 p.

- 86 Observations sur le plateau continental à la suite d'une étude sismique par réfraction dans le Golfe du Lion**
1962 Article fdi:010005361
Auteurs MURAOUR P., **MERLE JACQUES**, DUCROT J.
Source *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences.Série 2 : Mécanique ...*, 1962, 254, p.
-
- 87 Eléments pour un programme de recherches sismiques en Méditerranée**
1962 Colloque fdi:010006296
Auteurs MURAOUR P., LEENHARDT O., **MERLE JACQUES**.
Source *Océanographie géologique et géophysique de la Méditerranée occidentale*, Paris : CNRS, 1962, p. 97-101. (Colloques Nationaux du Centre National de la Recherche
-
- 88 Etude sismique par réfraction au large de Roscoff (Finistère)**
1962 Article fdi:010006300
Auteurs MURAOUR P., BOILLOT G., **MERLE JACQUES**.
Source *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 1962, (1228), p. 2-10.
-
- 89 Etude sismique par réfraction dans le golfe du Lion**
1962 Article fdi:010006298
Auteurs MURAOUR P., **MERLE JACQUES**, DUCROT J.
Source *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 1962, (1245), p. 3-16.
-