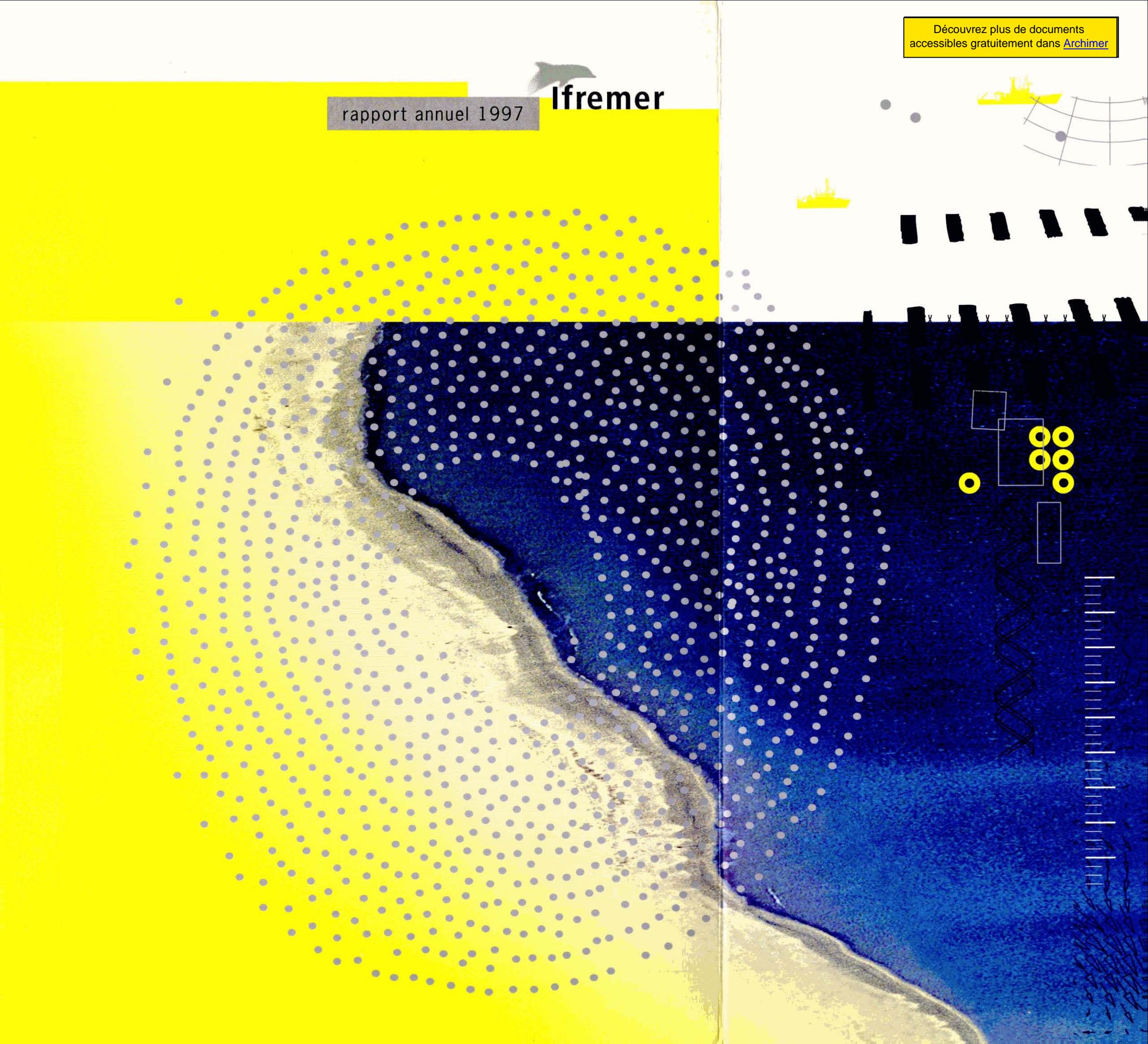


rapport annuel 1997

Ifremer



Sommaire

Avant-propos de Pierre David, président-directeur général de Ifremer	3
L'Ifremer présentation de l'Institut	4
Organigramme, Conseil d'administration	5
Les comités consultatifs	6
Résultats de l'exercice 1997	7
Politique scientifique	9
Modélisation des écosystèmes côtiers	11
Comportements des polluants	15
Observation et surveillance de la mer côtière	19
Gestion durable des ressources halieutiques	23
Optimisation et développement des productions aquacoles	27
Transformation, valorisation et qualité des produits de la mer	33
Mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines	39
Compréhension de la circulation océanique	45
Connaissance et exploration des fonds océaniques	49
Grands équipements pour l'océanographie	57
Génie océanique	61
Activité de la flotte en 1997	66
Coopération internationale	68
Opérations commerciales	69
Ressources humaines	70
Diffusion et communication	71
Adresses	72

**Rapport annuel 1997
de l'Institut Français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer**

produit par la direction
de la Communication de l'Ifremer

conception graphique :
visuel design,
Gérard Plénacoste,
Laurent Batard

réalisation : Orep

crédits photographiques :
© Laurent Batard,
© Ifremer

Avant-propos



Pierre David
Président-directeur général

Ifremer est un organisme de recherche et de développement à vocation maritime, et l'exercice 1997 s'est inscrit dans cette perspective.

La surveillance de l'environnement marin, l'exploitation des ressources vivantes marines, l'exploration des grands fonds océaniques ont été, comme les années précédentes, de grands domaines d'activités de recherche et de développement.

Des moyens de recherche et d'intervention à la mer ont été corrélativement mis en œuvre et développés.

Ifremer est le principal opérateur de la flotte hauturière de recherche océanographique civile. À ce titre, il apporte à la communauté scientifique les moyens d'une présence significative à la mer, tant en surface que sur le fond, et lui permet de figurer au premier rang de la recherche océanographique mondiale.

La flotte hauturière de Ifremer a passé en 1997 1 051 jours à la mer, permettant un nombre de jours de campagne (853) légèrement supérieur à celui de l'année précédente.

1997 a été la première année d'activité pleine de la *Thalassa*, dont les performances ont répondu aux attentes. Ce navire de recherche halieutique s'est révélé un instrument exceptionnel. Alors que les ressources halieutiques sont devenues un sujet d'interrogation au niveau mondial et que la demande de recherche correspondante s'amplifie, la *Thalassa* donne à la France un moyen de premier plan. Les demandes de coopération pour l'utilisation de ce navire sont déjà nombreuses.

Au cours de l'exercice, les développements du ROV Victor se sont poursuivis, et 1998 devrait voir, comme prévu, l'entrée en service de cet équipement pouvant opérer par 6 000 mètres de fond.

Les thèmes fédérateurs, qui regroupent les activités de Ifremer, ont contribué à améliorer la compréhension et la visibilité des travaux de l'Institut, tant en interne qu'en externe. Ils servent dorénavant de cadre tant aux réflexions prospectives qu'à la gestion.

Le rapport d'activité de l'exercice a été cette année plus détaillé, afin de donner une plus grande place à l'exposé des résultats obtenus dans les différents thèmes.

Après une longue période d'incertitude, il a été possible en 1997 de renforcer le service d'économie maritime à Brest. La demande en recherche socio-économique dans le domaine de l'environnement et des ressources vivantes marines est très importante. Les équipes françaises ne sont pas très nombreuses, et Ifremer espère pouvoir, dans les prochaines années, contribuer au développement de ces disciplines.

Il convient de signaler à cet égard que l'Institut a publié un premier recueil de données économiques maritimes françaises à la fin 1997. Ce recueil répondait à une attente, et il est prévu d'en assurer chaque année une nouvelle édition.

La décision a été prise de constituer, avec l'Orstom et l'université de Montpellier, un centre de recherche halieutique méditerranéenne et tropicale. Ce centre devrait regrouper, dans un bâtiment à construire à Sète, des chercheurs de ces trois organismes afin de constituer un pôle de recherche et d'accueil.

La constitution de ce pôle est un des éléments de renouvellement de l'halieutique. Cette discipline, qui dispose aujourd'hui de moyens et de méthodes d'investigation plus puissants que par le passé, voit également son champ s'élargir par la prise en compte plus marquée de l'écosystème marin.

Cette évolution est clairement ressortie de la réflexion menée à la fin de l'année sur le thème fédérateur « Gestion durable des ressources halieutiques ».

Enfin, et cela mérite d'être mentionné, la couverture complète de la Zone économique exclusive française et des grands éventails sédimentaires atlantiques a été dressée à l'occasion du retour en Atlantique de *L'Atalante*.

Les cartes correspondantes devront être disponibles pour la fin de 1998.

Cet accomplissement, auquel il convient d'associer les travaux accomplis à l'initiative de la Nouvelle-Calédonie et de la Polynésie française, marque un regain d'intérêt pour la zone économique maritime et la nécessité d'en approfondir la connaissance, tant économique qu'environnementale.

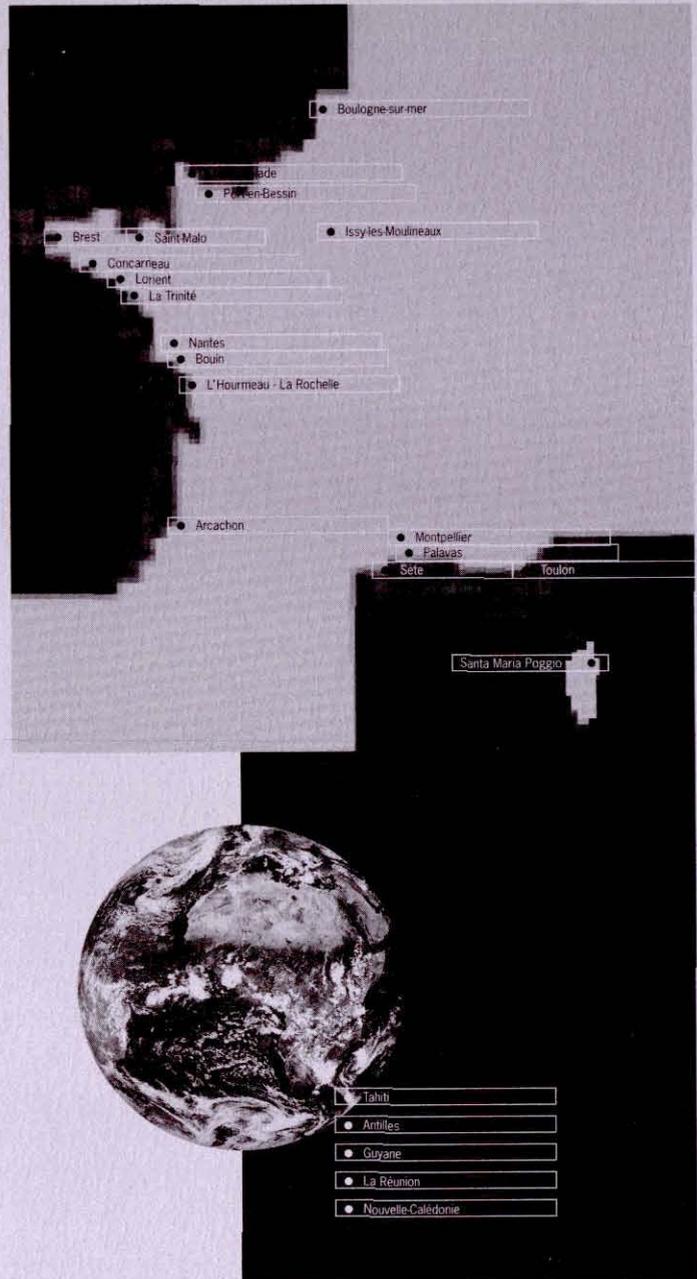
L'Ifremer

L'Ifremer est un établissement public à caractère industriel et commercial. Créé par un décret du 5 juin 1984, il est placé sous la tutelle des ministères respectivement chargés de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie ; de l'Agriculture et de la Pêche ; de l'Équipement, des Transports et du Logement.

Son budget 1997 est de un milliard de francs.

Ses effectifs sont, en incluant les personnels du GIE -Genavir et le GIE -RA qui lui sont liés, de 1 700 cadres, chercheurs, ingénieurs, marins, techniciens et administratifs. L'Ifremer est présent dans 78 laboratoires ou services de recherche, répartis dans 24 stations ou centres sur le littoral métropolitain et dans les DOM-TOM.

Les missions de l'Ifremer sont :
la recherche finalisée, dans tous les domaines de la mer, et le développement de technologies d'intervention et de qualification en milieu marin ;
la surveillance, l'observation et la gestion des ressources et des milieux ;
le service public, le conseil et l'expertise, à l'écoute des milieux professionnels de la mer, marins, pêcheurs, aquaculteurs, mais aussi industriels de la transformation et la valorisation des ressources marines, scientifiques et chercheurs, industriels de la construction navale et de l'offshore, au service des administrations et des collectivités en charge de la pêche et des cultures marines, de l'aménagement et de l'environnement, la conception, la réalisation et la gestion des moyens lourds d'intérêt national.



Organigramme

au 31 mai 1998

Président-directeur général
Pierre David

Directeur général délégué
Michel Dodet

Directeur scientifique
Paul Nival

Haut conseiller naval
Amiral Leenhardt

Fonctionnaire de sécurité défense
Francis Marazanof

Directeurs opérationnels

Alain Maucorps
Ressources vivantes

Bruno Barnouin
Environnement
et aménagement littoral

François Madelain
Recherches océaniques

Guy Herrouin
Ingénierie, technologie,
informatique

Alain Cressard
Moyens et opérations navals

**Directeur d'objectif
Géosphère-biosphère**
Michel Glass

Directeurs fonctionnels

Claude Berger
Ressources humaines

Sylvie Landrac
Plan, programmation, budget

Michel Stahlberger
Affaires juridiques et logistiques

Claude Berger
Gestion et organisation

Jacqueline Penez
Politique industrielle, valorisation

Philippe Ferlin
Relation et coopération
internationales

Pierre Saliot
Communication

Délégué Affaires régionales

Jean-Pierre de Loof

Directeurs de centres

Brest
Joël Querellou

Nantes
Jean-Paul Dreno

Boulogne-sur-Mer
Gérard Lefranc

Toulon
Jean Jarry

Tahiti (Vairao)
Jacques Calvas

Délégués outre-mer

La Réunion
François René

Antilles
Lionel Reynal

Guyane
Anatole Charauau

Contrôleur d'État
Michel Augé

Agent comptable
Pierre Marron

Conseil d'administration

au 31 mai 1998

Président
Pierre David,
Président-directeur général

**Membres représentants
du gouvernement**
n...
ministère de l'Agriculture
et de la Pêche

Bertrand de Buchère
de l'Épinois
ministère chargé de l'Industrie

François Casal
ministère de l'Aménagement
du Territoire, de l'Environnement

Serge Duval
ministère chargé du Budget

n...
ministère de l'Équipement,
des Transports et du Logement

n...
ministère de l'Éducation nationale,
de la Recherche
et de la Technologie

François Lefaudeux
ministère de la Défense

Marc Perrin de Brichambaut
ministère des Affaires étrangères

**Membres choisis
pour leurs compétences dans
des domaines proches de ceux
de l'Ifremer**

Maurice Benoish
Confédération de la Mutualité,
du Crédit maritime
et de la Coopération

Pierre Castillon
Société Elf-Aquitaine

Thierry Chambolle
groupe Lyonnaise des Eaux

Jean-Baptiste Delpierre
Société Delpierre

Alain Parrès
Comité national des Pêches
maritimes et des Élevages marins

**Membres élus
du personnel Ifremer**

Anne-Marie Alayse
Pierre Cambon
Philippe Crassous
Dominique Godefroy
Michel Houdart
Philippe Marchand
Catherine Rouxel

Commissaire du gouvernement
Élizabeth Dupont-Kerlan

**Participant
en tant qu'observateur**
Paul Roncière
Secrétaire général de la mer

Les comités consultatifs

au 31 mai 1998

Ils sont au nombre de trois, qui couvrent les domaines d'intervention de l'Institut. Ils ont été renouvelés par un arrêté interministériel du 18 avril 1996.

Comité scientifique

Président

Xavier Le Pichon
Laboratoire de Géologie,
École normale supérieure

Membres nommés

Michel Aigle
laboratoire de biologie cellulaire
de la levure, Institut de biochimie
et génétique cellulaires CNRS

Jean-Paul Cadet
département de géotectonique,
université Paris VI

Étienne Cailliau
Epsom

Daniel Cariolle
CNRM/Météo France

Pierre Caumette
laboratoire d'océanographie
biologique, université Bordeaux I

Patrice Cayre
département Terre-Océan-
Atmosphère/Orstom

Gérard Devauchelle
Station de recherches de
pathologie comparée, INRA/CNRS

Alain Guille
Observatoire océanologique
de Banyuls, laboratoire Arago

Didier Husson
Bassin d'essais des carènes/
Direction de la construction navale

Liliane Merlivat
laboratoire d'océanographie
dynamique
et de climatologie/
université Paris VI

André Monaco
laboratoire de sédimentologie
et géochimie marines/université
de Perpignan

Paul Nival
laboratoire d'écologie
du plancton marin,
station zoologique de Villefranche-
sur-Mer, université Paris VI

Pierre Rainelli
Station d'économie et
de sociologie rurale/INRA

Roland Schlich
École et Observatoire de physique
du globe

Jean-Paul Troadeo
Orstom

Pascale Veber
Unité de génétique moléculaire/
université de Rouen

Membres élus du personnel de l'Ifremer

Georges Barbier
Claire Le Baut
Jean Tournadre

Invités permanents

Michel Augé
Contrôleur d'État,
ministère de l'Économie,
des Finances et du Plan

Pascal Colombani
directeur de la Technologie,
ministère de l'Éducation nationale,
de la Recherche et de la Technologie

Jean-François Minster
INSU/CNRS

Daniel Nahon
directeur de la Recherche,
ministère de l'Éducation nationale,
de la Recherche et de la Technologie

Christian Marbach
Président du Comité technique
et industriel de l'Ifremer

Jean-Claude Menaut
Département Ressources,
Environnement, Développement,
Orstom

Secrétaire

Chantal Bailly
Ifremer

Comité des ressources vivantes

Président

Pierre David,
Président-directeur général

Membres nommés

Alain Bertin
SRC Marennes/Oléron

Luc Blin
Coopération maritime

Goulven Brest
Comité national de la Conchyliculture

Jean-Pierre Carval
Fédération CFDT des marins

Frédéric Cachelou
Syndicat français de l'aquaculture
marine

Pierre Dachicourt
Fédération CFTC

Yves Frances
Confédération des industries de
traitement des produits de la pêche

Patrick Frédiu
SRC Arcachon/Aquitaine

Jean-Yves Labbe
Union des armateurs
à la pêche de France

Yves Leborgne
SRC Normandie/mer du Nord

Jean-Marc Le Garrec
Union des armateurs
à la pêche de France

René Le Quellec
Fédération française
des syndicats professionnels
de marins

Alain Parres
Comité national des pêches
maritimes et des élevages marins

Bernard Steinitz
Union du mareyage français

Henri Thesée
Fédération CGT

Membres représentants les ministères

Jean-Marie Aurand
directeur des Pêches maritimes
et des Cultures marines

Guy Linden
ministère de l'Éducation nationale,
de la Recherche
et de la Technologie

M.C. Courcol
ministère de l'Agriculture
et de la Pêche

E. Louvet
ministère de l'Aménagement
du Territoire, de l'Environnement

Membres élus du personnel Ifremer

Loïc Antoine
Daniel Cognie
Henri Grizel
René Robert

Invités permanents

Michel Augé
Contrôleur d'État

Pierre Caumette
laboratoire d'océanographie
biologique

Gérard Devauchelle
Station de recherches
de pathologie comparée,
INRA/CNRS

Secrétaire

Henri Durand

Comité technique industriel

Président

Christian Marbach

Membres nommés

Jean-Louis Armand
université de la Méditerranée
(Aix-Marseille II)

Jean-Jacques Bérard
Anvar

Jean-Loup Burgaud
École Centrale de Paris

Jean-Michel Coudeville
ORCA Instrumentation

Philippe de Panafieu
CEP&M

François Faury
SNACH

Achille Ferrari
ISIS

Jean-Jacques Gagnepain
CNRS

Georges Grall
Thomson-Sintra ASM

Dominique Michel
Doris Engineering

Philippe Roger
Cité de l'Air

Patrick Soisson
Groupe Comapêche

Jean-Raymond Thomas
Brittany Ferries

Jean-Marc Usseglio-Polatera
Sogreah Ingénierie

Membres élus du personnel Ifremer

Pierre Cochonat
François Le Verge
Michel Lehâtre

Invités permanents

Michel Augé
Contrôleur d'État, des Transports
et du Logement

Xavier Le Pichon
Collège de France

Pierre Monadier
ministère de l'Équipement/DTMPL

Secrétaire

Hugues Richer de Forges
Ifremer

Résultats de l'exercice 1997

L'exécution budgétaire de l'Ifremer pour 1997 se caractérise par la réalisation d'un léger excédent en fonctionnement - 1,9 millions de francs sur un total de dépenses de 768,7 millions de francs - et par d'importants reports en crédits d'investissement, constitués pour l'essentiel de la poursuite du processus de capitalisation permettant d'assurer le renouvellement de la flotte.



Fonctionnement

En fonctionnement, le total des ressources acquises en 1997 s'établit à 770,6 millions de francs, en progression de 1,2 % par rapport à 1996. Cette évolution favorable résulte de deux éléments :

- la croissance des moyens hors taxes de l'Ifremer, provenant de la subvention reçue du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie au titre du budget civil de recherche et développement (+ 1,3 % par rapport à 1996) malgré une annulation de crédits de 2,4 millions de francs ;
- la progression des ressources propres de l'Institut (+ 0,8 % en 1997 contre - 2 % en 1996).

S'agissant de ce dernier poste, il convient de souligner un double mouvement, constitué d'une nouvelle baisse des ressources contractuelles avec les administrations centrales et d'une progression à peu près équivalente en 1997 des ressources provenant de l'Union européenne (+ 5,8 millions de francs) et des collectivités territoriales.

Les ressources acquises en 1997 ont été consacrées :

- à la couverture des dépenses salariales à hauteur de 450,5 millions de francs, en hausse de 1,3 % par rapport à 1996 ;
- au contrat avec Genavir pour le fonctionnement de la flotte, resté stable à 156,4 millions de francs ;
- aux charges directes et indirectes des laboratoires et aux engagements internationaux à hauteur de 161,8 millions de francs, en progression de 8,6 % par rapport à 1996.

Investissement

En investissement, la dotation de l'État en autorisations de programme s'est établie à 158,7 millions de francs, après une annulation de 19,5 millions de francs dont 12,3 millions de francs au titre des crédits de l'année et 7,2 millions de francs au titre des crédits des années antérieures.

À cette subvention se sont ajoutés 25,0 millions de francs de recettes propres (dont 7,7 millions de francs correspondant au solde de la participation de l'IEO - Instituto Español de Oceanografía - à la construction du N/O *Thalassa*) et 54,3 millions de francs de report de l'exercice 1996.

En regard de ces ressources, le montant total des engagements de l'exercice s'est élevé à 178,8 millions de francs, hors production immobilisée.

Au-delà du soutien aux activités des laboratoires et du financement du contrat avec le GIE-RA (dont le budget est demeuré constant à 32,4 millions de francs), les principaux engagements de l'exercice ont concerné :

- au titre des moyens affectés à la flotte, 20 millions de francs pour la modernisation du *Suroît* ;
- l'accréditation des laboratoires côtiers en environnement littoral pour une première tranche de 3,5 millions de francs ;
- des opérations d'infrastructures : extension et refonte du centre de Toulon, regroupement des locaux de la station de La Tremblade, construction de la station de Sète et participation à la réalisation du Centre européen de documentation marine (CEDM) à Brest.

Les crédits reportés sur l'exercice suivant (59,2 millions de francs) correspondent, à hauteur de 56,2 millions de francs, au financement du plan de renouvellement de la flotte.

En termes de crédits de paiement, la dotation de l'État s'est établie, après annulation, à 181,2 millions de francs, les recettes propres s'établissant à 22,3 millions de francs et les reports de l'exercice antérieur à 61,3 millions de francs.

À l'issue de l'exercice, 101,4 millions de francs sont reportés sur 1998, qui correspondent pour l'essentiel à des projets dont les autorisations de programmes ont déjà été couvertes totalement ou partiellement, mais pour lesquelles les besoins de paiement n'ont pas encore dû être mobilisés. Il s'agit ainsi d'opérations liées aux investissements de la flotte (solde du contrat de construction de la *Thalassa* - 10 millions de francs -, capitalisation pour le plan de renouvellement de la flotte - 56,0 millions de francs -) et aux projets d'infrastructure pour 13,2 millions de francs.

Globalement, les dépenses consolidées de l'Ifremer pour 1997 s'élèvent à 947,45 millions de francs en termes de moyen d'engagement, en augmentation de 3,7 % par rapport à 1996 et 932,1 millions de francs en termes de moyens de paiement, en baisse de 0,7 %.

En millions de francs	Total	% du total
Ressources vivantes	47,94	26,82
Environnement littoral	16,69	9,34
Recherches océaniques	11,70	6,54
Programmes technologiques et industriels	21,54	12,05
Flotte	33,25	18,60
Fonds d'incitation	8,61	4,82
Autres (informatique, moyens d'essais, services généraux, infrastructures, etc.)	39,05	21,84
Total général	178,78	100,00 %

Résultats 1997 : autorisations de programme (hors production immobilisée)

En millions de francs	Total	% du total
Ressources vivantes	38,26	51,91
Environnement littoral	4,01	5,44
Recherches océaniques	4,79	6,50
Programmes technologiques et industriels	3,16	4,29
Flotte	9,76	13,24
Fonds d'incitation	0,42	0,57
Autres (informatique, moyens d'essais, services généraux, infrastructures, etc.)	13,31	18,06
Total général	73,71	100,00 %

Résultats 1997 : crédits de paiement - mesures nouvelles (hors production immobilisée)

Dépenses de fonctionnement (en millions de francs)

	1996	% du total	1997	% du total	variation 97/96
Masse salariale	444,62	59,37	450,47	58,60	1,32 %
Flotte	155,29	20,74	156,42	20,35	0,73 %
Fonctionnement	148,98	19,89	161,77	21,05	8,59 %
Total fonctionnement	748,89	100,00	768,66	100,00	2,64 %

Recettes de fonctionnement (en millions de francs)

En millions de francs	1996	% du total	1997	% du total	variation 97/96
Subvention BCRD H.T. (D.O.+transferts)	643,73	84,54	651,92	84,60	1,27 %
Ressources propres	117,68	15,46	118,64	15,40	0,82 %
Total fonctionnement	761,41	100,00	770,56	100,00	1,20 %

Comparaison des résultats 1997 par rapport à 1996



Politique scientifique

Pour concrétiser le Plan stratégique de l'Ifremer, qui définit les orientations de 1996 à 2000, l'Institut a mené à bien un travail de définition des actions prioritaires pour les quatre années à venir.

Onze thèmes fédérateurs ont été identifiés. Ils constituent les grands champs d'action de l'établissement, et les domaines dans lesquels il doit développer ses compétences et sa capacité d'expertise

Le choix de ces thèmes a été déterminé à partir de la place de l'Ifremer dans le dispositif de recherche national, de son rôle en matière de développement technologique et de gestion des grands équipements. Les enjeux économiques, sociaux et scientifiques ont également été déterminants.

Ces thèmes se déclinent en programmes, qui seront réalisés par des équipes de l'Ifremer ou en association avec des partenaires, dans le cadre de la politique de coopération et d'incitation de l'Institut. Chaque programme précise les actions à mener, les moyens humains et financiers nécessaires à sa mise en œuvre.

Les thèmes de recherche :

- modélisation des écosystèmes côtiers
- comportements des polluants
- observation et surveillance de la mer côtière
- gestion durable des ressources halieutiques
- optimisation et développement des productions aquacoles
- transformation, valorisation et qualité des produits de la mer
- mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines
- compréhension de la circulation océanique
- connaissance et exploration des fonds océaniques
- grands équipements pour l'océanographie
- génie océanique

Les thèmes font l'objet de revues régulières qui permettent de faire le point sur le sujet, de comparer les forces en présence sur le plan national et international et de discuter des grandes évolutions.

L'objectif est d'évaluer la pertinence des actions menées dans le cadre des thèmes, et de les réorienter si nécessaire.

Les premiers thèmes examinés ont porté sur la gestion durable des ressources halieutiques, le génie océanique, l'optimisation et le développement des productions aquacoles. Ce dernier thème était limité à l'examen des productions piscicoles.

Les comités scientifiques et techniques

L'action du comité scientifique

Placé auprès du Président de l'Ifremer, il joue un rôle particulier au plan national, comme seule instance scientifique pluridisciplinaire uniquement consacrée à la recherche océanographique.

En 1997, le Comité scientifique s'est penché sur l'avenir des forages océaniques, dans le cadre de l'évolution de la participation française à ODP.

Il a demandé que la France maintienne son rang à parité avec les grandes nations, au moment où de grands projets américains et japonais de forer à 3 000 m se dessinent.

Le Comité a également mené une réflexion sur la programmation pluriannuelle des navires, afin de valoriser au mieux les moyens dans ce domaine.

La localisation des navires et les besoins des grands programmes internationaux ont été pris en compte. Dans un premier temps, il a été proposé d'adopter un pré-positionnement des navires par grandes zones géographiques.

En outre, des dispositions ont été prises pour renforcer les évaluations des résultats scientifiques obtenus grâce aux campagnes à la mer.

Le Comité scientifique s'est penché sur les bases de données en océanographie, et a soutenu la démarche mise en place par l'Ifremer, visant à renforcer le contrôle de qualité des données. Il a recommandé de renforcer les liens entre les utilisateurs

des données et les services « gestionnaires des bases ».

Les prochains travaux du Comité seront consacrés à l'évaluation des laboratoires de l'Ifremer et à la prospective scientifique : quels seront les grands enjeux de l'océanographie dans les années à venir ?

L'action du comité technique et industriel

Ce comité s'est réuni deux fois. Il doit aider l'Ifremer de ses avis sur les orientations des programmes de recherche et de développement technologique qui intéressent les activités industrielles maritimes. Il a dressé un panorama des industries de la mer et d'une politique de valorisation.

Les commissions, qui travaillent sur le pétrole offshore, sur l'instrumentation et les équipements océanographiques, ainsi que sur la valorisation, ont examiné les activités et les programmes, et ont commencé à émettre des recommandations dans ces différents secteurs.

L'action du comité des ressources vivantes

La composition de la représentation professionnelle au Comité des ressources vivantes a été modifiée, suite aux résultats des élections professionnelles conchyliques de juin 1997. Cette modification a concerné quatre représentants.

Par ailleurs, vers la fin de l'année, les professionnels ont été consultés - ainsi que le DPMCM (Direction des pêches maritimes et des cultures marines) et le FIOM (Fonds d'intervention et d'organisation des marchés des produits de la pêche maritime et des cultures marines) - pour la mise en place des groupes de travail arrêtés (présidence et animation), à savoir l'approche qualité tout au long de la filière des produits marins, la politique commune des pêches après 2002, et les conséquences de la monoculture de *Crassostrea gigas* par rapport à 1996.

Modélisation des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

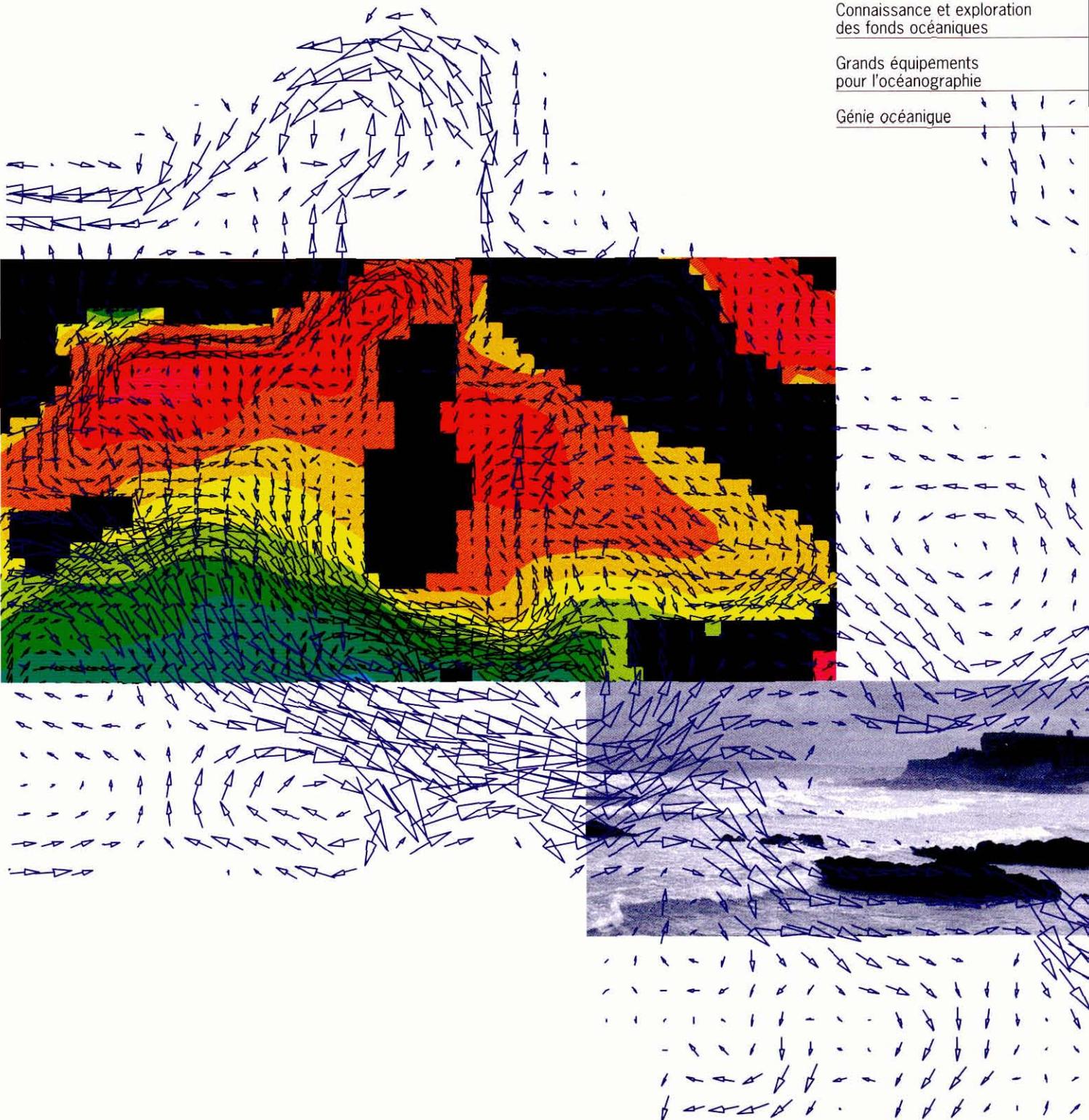
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Modélisation des écosystèmes côtiers

Fonctionnement des écosystèmes naturels et perturbés

Synthèse hydrologique de la baie de Seine

Les données d'hydrologie, de nutriments et de chlorophylle acquises en baie de Seine de 1978 à 1994, grâce à quatorze campagnes océanographiques, sont synthétisées dans un document Ifremer (RO97.02) et complétées par une illustration sous forme d'atlas. Ce site constitue un exemple type de zone côtière soumise à l'influence d'un grand fleuve. En hiver, l'apport fluvial de sels nutritifs s'évacue en Manche Est. Au printemps, ceux-ci sont intensément consommés par la production phytoplanctonique, le silicate chutant le premier à des niveaux limitants. La biomasse chlorophyllienne est typique d'une zone côtière eutrophe; mais, malgré l'accroissement régulier des apports d'azote, elle évolue peu sur une quinzaine d'années.

Répartition spatiale de *Dinophysis* en Bretagne Sud

Dinophysis spp. est une microalgue planctonique responsable d'intoxications diarrhéiques chez les consommateurs de coquillages. Deux campagnes océanographiques successives devant les côtes sud-bretonnes, en 1996 et 1997, ont montré que cette espèce tend à se concentrer dans des tourbillons de petite taille (environ une dizaine de kilomètres), sous le panache de la Loire. La stabilité de cette structure a pu être observée pendant quinze jours, et le modèle hydrodynamique 3-D permet de la reproduire. La présence de *Dinophysis* vivant par 80 mètres de profondeur, dans le noir absolu, démontre bien que cette espèce ne se comporte pas toujours comme un végétal *stricto sensu*. La localisation de ces algues ne contenant pas de chlorophylle, associée à la simulation du transport de cette masse d'eau, permet d'envisager l'existence d'une zone d'inoculation à partir de kystes. De telles structures de rétention et de zones possibles d'inoculation sont ainsi des éléments essentiels à la compréhension du développement de la population, et donc à sa modélisation.

Circulation côtière et cycles biogéochimiques : modélisation

Transfert de modèles hydrodynamiques vers les laboratoires côtiers : l'exemple de Boulogne-sur-Mer

L'Ifremer équipe progressivement ses stations côtières d'un outil de calcul de l'hydrodynamique et du devenir de divers constituants conservatifs transportés par le courant. À Boulogne-sur-Mer, l'Institut a proposé d'aider l'Agence de l'Eau Artois-Picardie dans sa politique de restauration de la qualité des eaux littorales en étudiant, par modélisation mathématique, les conditions de dilution, de transport et de dégradation de tous les rejets importants de bactéries inventoriés sur trois sites : la baie de Somme, les abords de Boulogne-sur-Mer et le littoral proche de Dunkerque, à Oye-Plage. Pour y parvenir, un modèle hydrodynamique, dit d'approche, de l'ensemble de la façade littorale, a permis d'abord de donner les conditions limites aux modèles locaux, qui sont ensuite alimentés avec les données nécessaires sur la bathymétrie et les flux bactériens des sites concernées.

Le laboratoire de Boulogne a procédé à leur validation en comparant les résultats de terrain avec ceux donnés par le calcul. Avec le modèle d'approche, ils permettront de simuler une diminution des apports bactériens sur le littoral, et serviront également de support technique pour étayer tous les avis en matière d'environnement liés à l'hydrodynamisme : positionnement d'un rejet, d'un ouvrage, suivi de polluants, rejets de dragage. Leur objectif est d'aider à la reconquête de la qualité des eaux littorales, conchylicoles et de baignade.

Simulation du bouchon vaseux de l'estuaire de la Seine

En raison de la propagation asymétrique de la marée en estuaire et/ou des circulations de densité engendrées par la rencontre des eaux douce et salée, des accumulations de particules en suspension, appelées « bouchon vaseux », sont fréquemment observées en estuaire.

Ces accumulations naturelles de particules jouent un rôle essentiel pour l'environnement, car elles influencent le cycle de la matière organique et des contaminants, notamment en les piégeant, et donc en allongeant leur temps de séjour dans l'estuaire. Dans le cadre du programme scientifique Seine Aval, la mise au point du modèle mathématique tridimensionnel SAM-3D a permis de simuler le comportement du bouchon vaseux, son dépôt partiel en morte eau, son déplacement amont/aval au gré des marées et du débit fluvial, et de hiérarchiser les facteurs physiques qui en sont responsables. Le modèle permet ainsi de calculer les effets d'éventuelles modifications de ces facteurs (bathymétrie, flux amont...); il sera utilisé pour mieux déterminer les transferts de contaminants chimiques et bactériens vers la baie de Seine.

Interaction entre milieu et ressources aquacoles

Écosystèmes conchylicoles

La perliculture en Polynésie française

La deuxième phase du programme général de recherche sur la nacre (le PGRN), qui s'étale sur la période 1994-1998, a démarré en 1997 et porte sur trois thèmes : l'étude du milieu lagunaire, la détermination de la capacité trophique des lagons et les aspects socio-économiques. Pour l'Ifremer, l'accent a été mis sur la modélisation de la croissance des nacres en fonction de la capacité nutritive du milieu. Une meilleure connaissance des ressources alimentaires et de la consommation de l'espèce, ainsi que la quantification des principales fonctions physiologiques, ont permis d'établir un bilan énergétique de la nacre dans son milieu, dont les termes servent de base à la démarche de modélisation. Avec une production de 6,5 tonnes de perles en 1997 pour un chiffre d'affaires de 900 millions de francs, la perliculture conforte sa place de seconde activité économique du territoire après le tourisme, et se situe au deuxième rang des productions aquacoles nationales.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

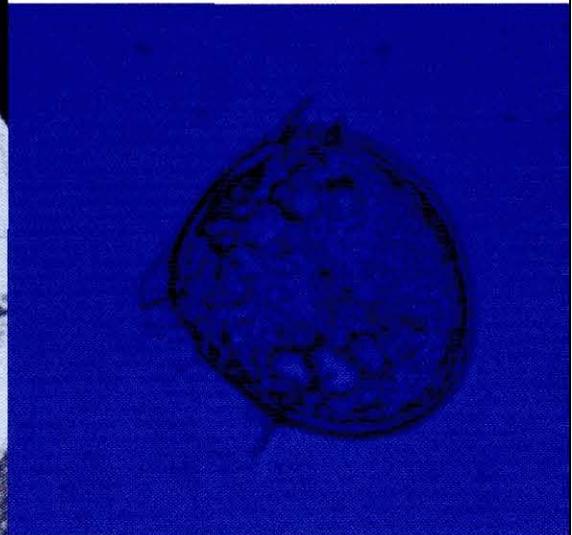
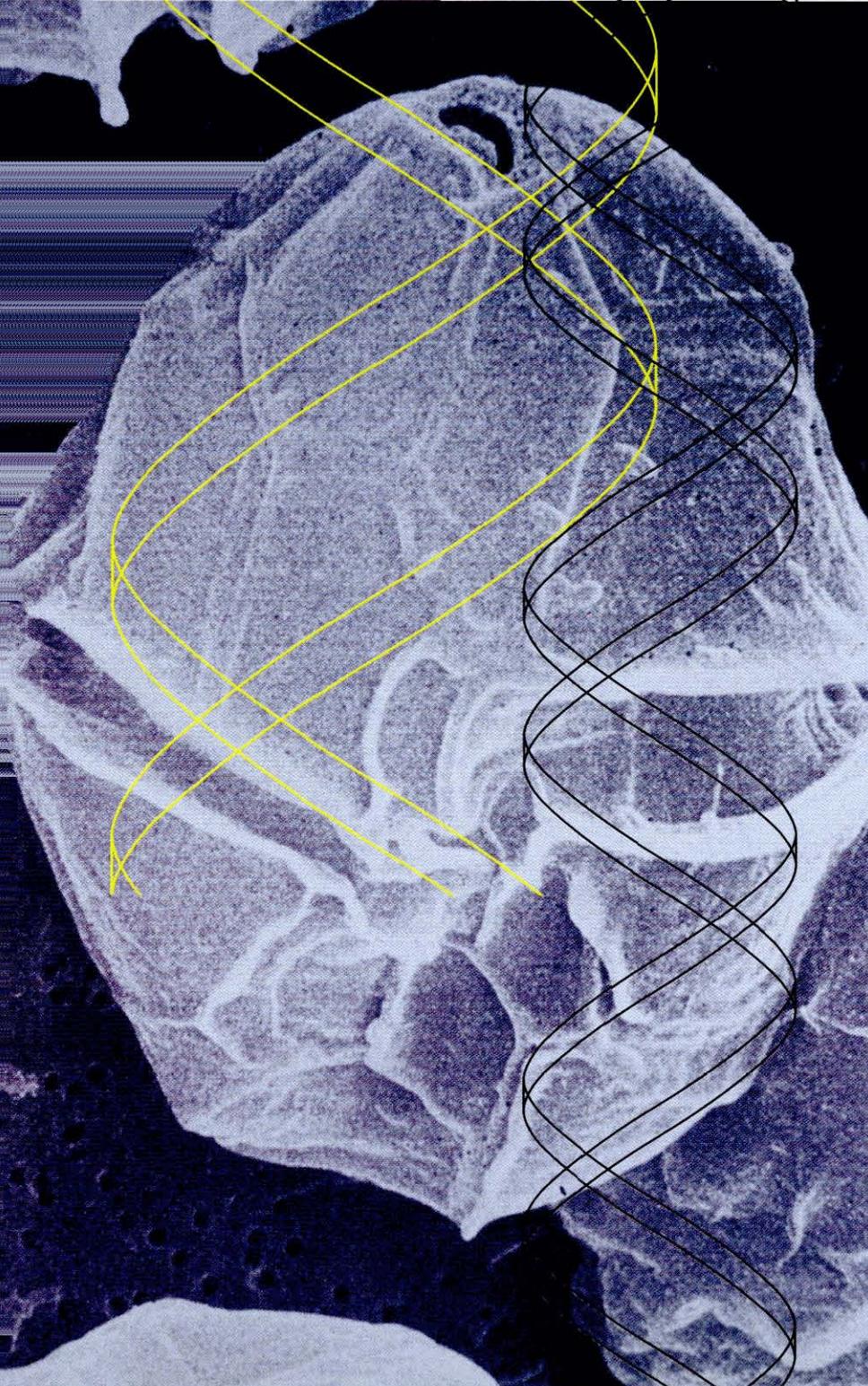
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Comportement des polluants



Contamination par les micro-organismes

Approche sanitaire de la production conchylicole

Parmi les micro-organismes rejetés en mer par les apports domestiques ou agricoles, certains représentent un risque pour la santé humaine (salmonelles, virus d'origine entérique tels que le virus de l'hépatite A, etc.). La législation en vigueur est fondée sur la présence d'indicateurs de pollution fécale, les coliformes fécaux ou thermotolérants. Ainsi, la baignade est autorisée dans une eau où les teneurs sont inférieures à 2 000 CF/100 ml (directive européenne 76/160/EC), et les coquillages sont déclarés consommables s'ils ont moins de 300 CF/100 g de chair (directive européenne 91/492/EL).

Cependant, des épisodes épidémiques récents, même avec des coquillages répondant aux normes de salubrité, font prendre conscience à l'Europe communautaire, de la limite de ces indicateurs. En effet, certaines bactéries et les virus résistent plus longtemps dans le milieu marin, et une eau de mer peut être exempte de coliformes fécaux alors que des pathogènes sont mis en évidence. Pour pallier ce manque de précision des indicateurs, des recherches ont été entreprises ces dernières années. La biologie moléculaire offre aujourd'hui des outils efficaces pour détecter, dans l'environnement, les principaux micro-organismes

pathogènes pour l'homme : salmonelle, *Listeria*, *Yersinia*, *Campylobacter*, virus de l'hépatite A et autres virus entériques responsables de gastroentérites (entérovirus, calicivirus, rotavirus...). Des études sont actuellement réalisées pour définir leur présence éventuelle et leur variation saisonnière dans des zones conchylicoles.

Rejets agricoles et bactériologie des coquillages

Une étude sur les apports diffus d'origine agricole a pour objectif d'évaluer l'impact des rejets animaux sur la qualité bactériologique de coquillages élevés en baie de la Fresnaye (Côtes d'Armor). Cinq espèces bactériennes pathogènes pour l'homme sont quantifiées dans les rivières et les coquillages lors de situations caractéristiques de crue et d'étiage.

Newtech : évaluation comparative de nouvelles techniques pour la désinfection des eaux usées

La désinfection des eaux usées est parfois requise avant réutilisation ou rejet dans l'environnement. Différents procédés ont été testés en installations pilotes ou en laboratoire (UV, ozone, acide péra-cétique), et évalués par les numérations en coliformes totaux, fécaux et bactériophages. Des techniques enzymatiques et moléculaires ont été essayées pour rechercher, respectivement, les coliformes fécaux et les virus entériques. L'évaluation économique montre que, suivant les objectifs, l'ozone ou les UV peuvent être retenus.

Contamination chimique : apports, devenir et effets

Impacts environnementaux des rejets de dragage

L'Ifremer est fréquemment sollicité pour fournir des avis sur les dossiers de nombreux ports, particulièrement en Manche et en Atlantique, où la fréquence des dragages d'entretien est la plus élevée et où des zones conchylicoles ou récréatives sont souvent proches des points d'immersion. Le projet de recherche « Impacts environnementaux des rejets de dragage » a été élaboré en 1997 pour s'intéresser plus particulièrement aux objectifs suivants :

- . caractérisation des sédiments dragués du point de vue chimique et biologique ;
- . évaluation de la toxicité potentielle des sédiments ;
- . transfert de la charge polluante, en faisant appel à la modélisation mathématique ;
- . définition des critères de sensibilité des écosystèmes soumis à cet impact ;
- . recherche de solutions écologiquement et économiquement acceptables pour éliminer les sédiments réputés toxiques.

Il s'est également donné pour ambition, d'une part de définir et d'inciter le développement d'une instrumentation spécifique, d'autre part de réaliser un guide méthodologique intégrant les connaissances acquises.

Génotoxicité

Pendant l'année 1997, les recherches en génotoxicité ont mis en œuvre une approche pluridisciplinaire du cancer chez le flet. En baie de Seine, elles mettent en évidence, sur les mêmes sites, des concentrations fortes d'hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments et les matières en suspension, et des altérations génétiques chez le flet (adduits à l'ADN). Mais la fréquence de mutation sur les gènes ras et p53 reste très faible.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

**Observation et surveillance
de la mer côtière**

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

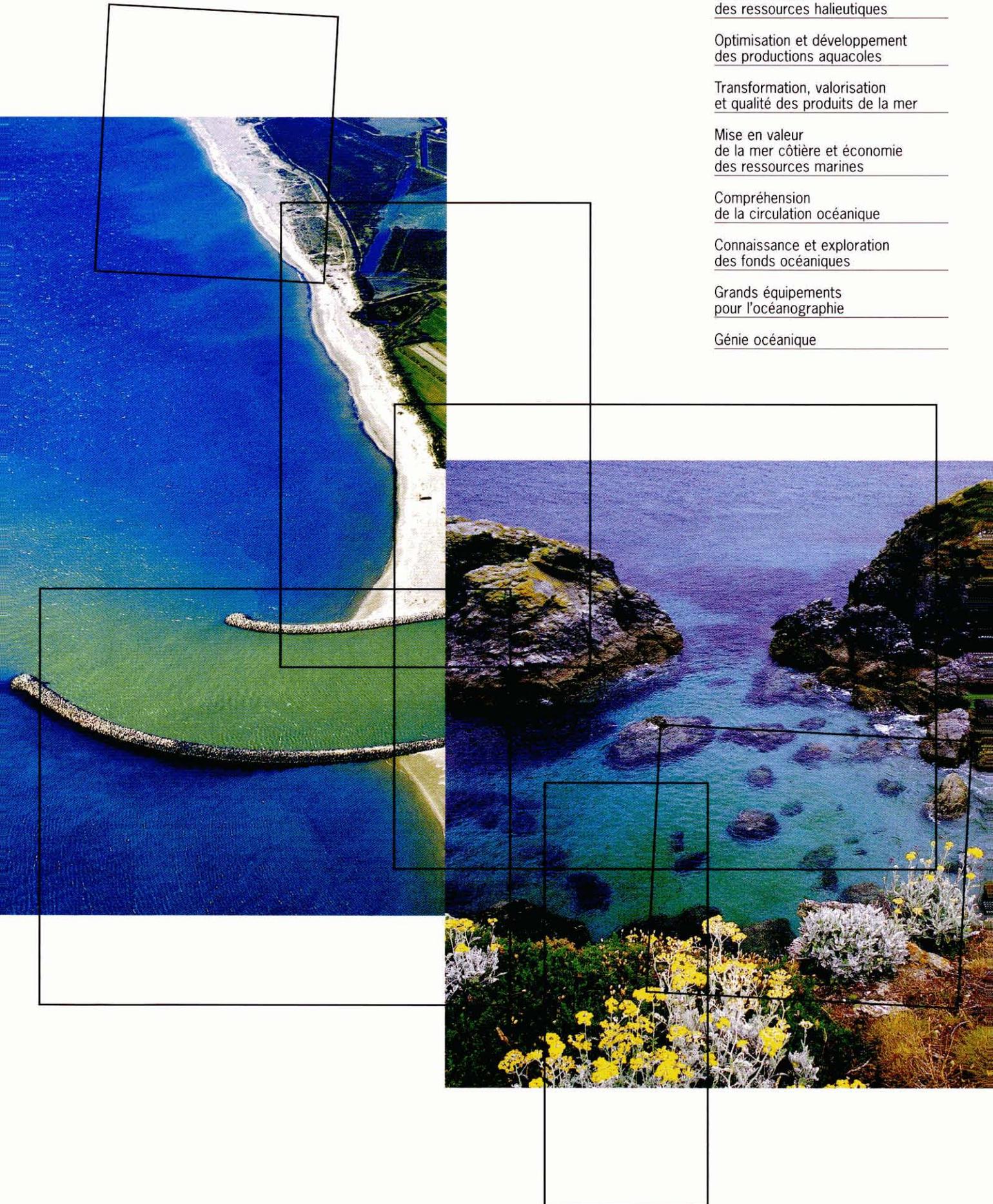
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Observation et surveillance de la mer côtière

Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin

Bilan des efflorescences planctoniques estivales

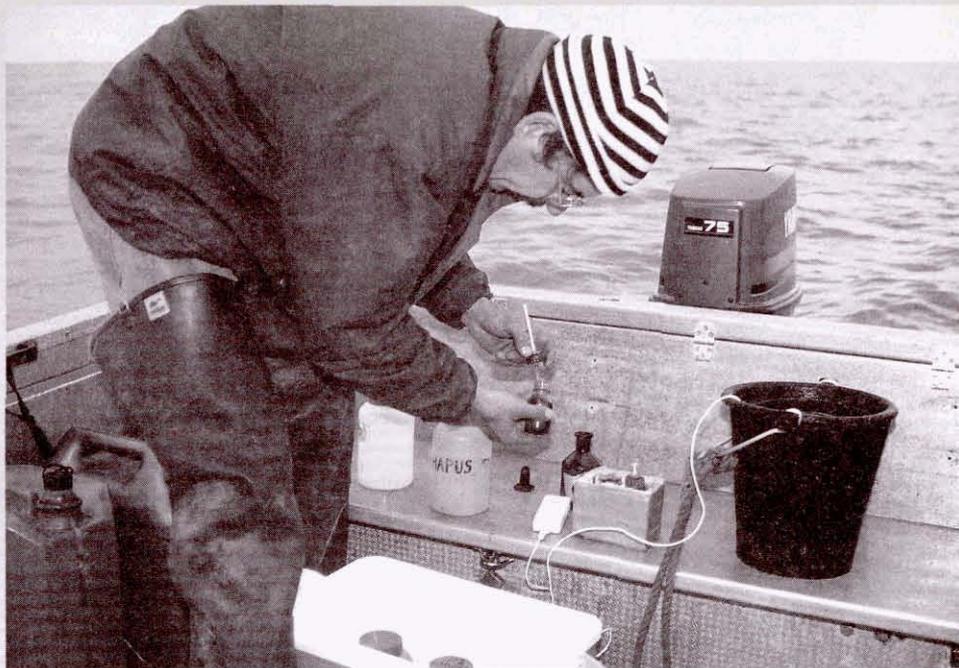
En 1997, comme les années précédentes, deux espèces toxiques du phytoplancton se sont développées dans les eaux côtières, conduisant à des décisions d'interdiction de commercialisation ou de ramassage des coquillages : *Dinophysis* spp. (produisant des toxines diarrhéiques ou DSP), et *Alexandrium minutum* (toxines paralysantes ou PSP). Le nombre de zones touchées (dix-sept pour DSP, une pour PSP) est équivalent à celui de 1996, mais supérieur à la moyenne des cinq dernières années. L'ensemble du littoral est touché, à des degrés divers, mais la Bretagne est la principale région affectée pour les deux espèces.

Par ailleurs, des efflorescences importantes de *Gymnodinium* sp., espèce non toxique se développant régulièrement sur les côtes françaises, se sont produites en Bretagne Ouest et Sud, et sur le littoral atlantique jusqu'à Marennes-Oléron, provoquant des eaux colorées vertes.

Procédures de mise en œuvre du réseau REMI

L'Ifremer est chargé d'apporter son concours à l'État pour le contrôle de la qualité des produits de la mer et du milieu marin. L'évolution de la réglementation relative aux conditions sanitaires de production des coquillages, au classement de salubrité et à la surveillance des zones de production a conduit l'Institut à la révision de son réseau de surveillance microbiologique du littoral français (REMI).

Ce réseau de contrôle ainsi redéfini comporte un ensemble de points de prélèvement pérennes situés dans chaque zone de production et de reparcage classée (environ 330 points de prélèvement pour 270 zones classées, géographiquement différentes). Il doit permettre de mettre en évidence et de suivre les épisodes inhabituels de contamination ou de risque de contamination. Le réseau comprend un dispositif d'alerte conforme à la réglementation.



Qualité bactériologique de la lagune de Salses-Leucate

Les élevages conchylicoles, implantés dans l'étang de Salses-Leucate (Languedoc-Roussillon), connaissent des problèmes de pollution bactériologique, révélés dans le cadre du réseau de surveillance microbiologique (teneurs en coliformes supérieures aux normes, présence de salmonelles).

Un suivi renforcé du secteur et une collaboration avec les autorités sanitaires et le BRGM montrent en fait une contamination ponctuelle due à une particularité hydrogéologique locale, avec une résurgence d'eau douce touchée par des infiltrations d'eaux usées à terre. Ce phénomène justifie une investigation plus poussée, appuyée par la collectivité territoriale.

Atelier franco-belge sur l'eutrophisation

Un atelier de concertation sur l'eutrophisation des eaux côtières de la Manche et de la mer du Nord mobilise les Agences de l'Eau Artois-Picardie et Seine Normandie, les ministères de l'Environnement français et belge, ainsi que l'Ifremer. Son objet concerne la définition des zones eutrophisables du secteur franco-belge, avec l'harmonisation des critères retenus, des modalités de

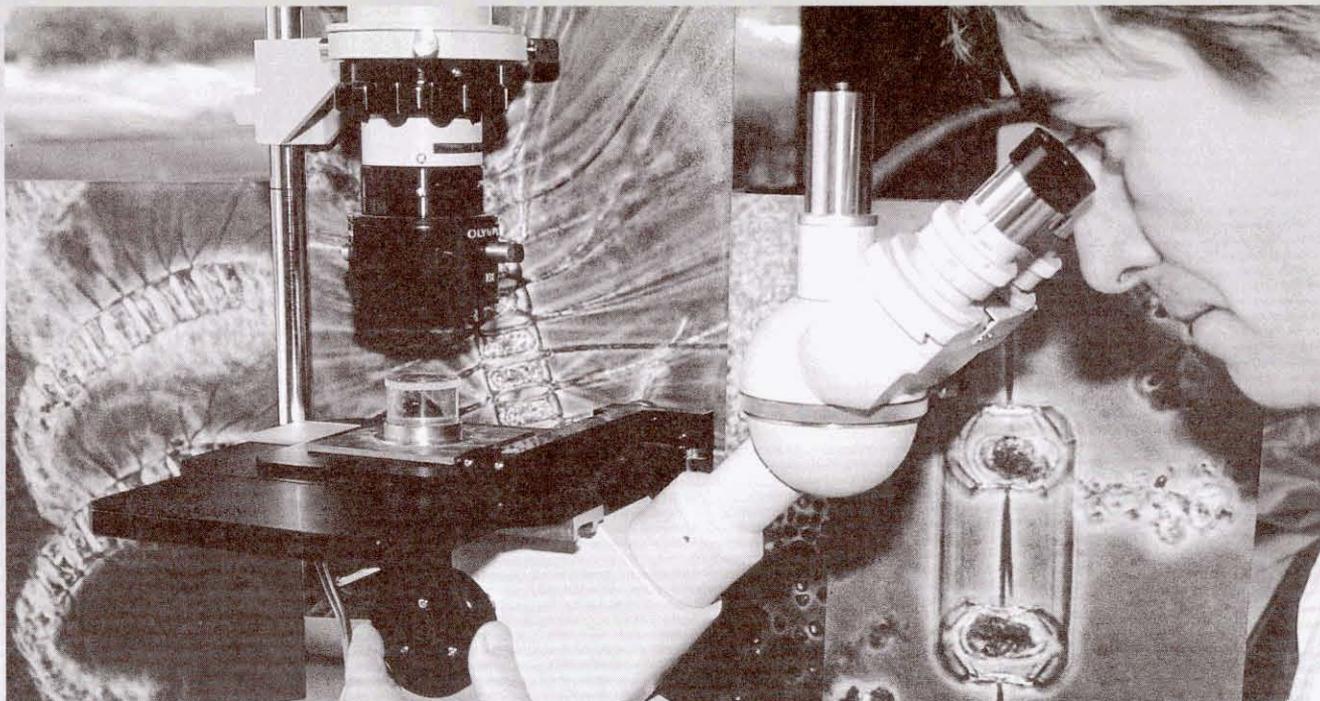
surveillance et des modèles de production primaire utilisés dans les deux pays. Le zonage visé devrait distinguer trois classes selon le degré d'eutrophisation : absence, problèmes potentiels, zones à problème. La démarche s'inscrit dans une politique générale de protection et de restauration de la qualité des eaux.

Le réseau littoral méditerranéen (RLM)

Ce réseau intégré est mis en place par l'Agence de l'Eau RMC, avec l'appui technique de l'Ifremer, dans le but de fonder une politique cohérente de lutte contre la pollution, de protection de l'environnement et de préservation des usages. Il s'appuie sur un cadre territorial défini par le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin Rhône Méditerranée Corse, soit une double bande terrestre et marine découpée en cinquante zones homogènes adaptées à l'échelle d'une gestion locale, qui ont chacune fait l'objet d'une qualification systématique du milieu et des usages.

Son objectif est double :

- fédérer, coordonner, harmoniser et mettre en commun les données produites actuellement par les gestionnaires des réseaux de mesure de la qualité des eaux pour mieux les valoriser ;



compléter l'information disponible par la production des données suffisantes aux plans spatial, temporel et thématique. Ainsi, la mesure de la contamination par les micro-polluants dans des moules placées en stations artificielles, dans chaque zone homogène, a fait l'objet d'une première campagne en 1996, qui a produit en 1997 un fructueux travail de réflexion sur la bioaccumulation, faisant appel à des considérations écologiques, physiologiques et chimio-cinétiques.

Un chaland bien informé

Le nouveau chaland ostréicole de l'Ifremer, *Melosira*, de la station de La Tremblade, possède un équipement très sophistiqué intégrant, notamment, un sondeur et un GPS différentiel connectés à une banque de données sur « Arcview », incluant les cartes IGN, les données bathymétriques DDE et le cadastre conchylicole.

Cet équipement est destiné, entre autres, à la localisation précise de l'embarcation par rapport aux concessions conchylicoles, à son positionnement en temps réel, au tracé de sa route et à la recherche des stations correspondant aux réseaux de surveillance. Il autorise également la superposition d'autres couches d'infor-

mation, dont la réglementation administrative, et permet enfin de coupler en temps réel une sonde océanographique multiparamétrique.

Surveillance et évaluation des ressources conchylicoles

Suivi des stocks, de la croissance et de la reproduction des mollusques
Suivi des maladies des mollusques

Laboratoire communautaire de référence pour les maladies des mollusques bivalves

Le laboratoire de génétique, aquaculture et pathologie de La Tremblade a été désigné laboratoire communautaire de référence pour les maladies des mollusques bivalves. Ses missions consistent pour l'essentiel en la formation et l'information des équipes impliquées dans le diagnostic de ces maladies en Europe. Dans ce cadre, un premier atelier de travail réunissant l'ensemble des laboratoires de référence européens a été organisé en 1997 sur les questions des mortalités anormales et du diagnostic de l'infection par le virus de type herpès.

L'effort de recherche en matière de diagnostic porte sur la mise au point et la validation de nouvelles techniques de détection des agents patho-

gènes. Un site Internet a été ouvert afin de mettre à disposition des informations relatives à ce domaine particulier (3w.ifremer.fr/gap).

Développement des équipements de mesure pour l'observation et la surveillance

En 1997, la première station estuarienne Marel (Mesure automatisée en réseau pour l'environnement littoral) a été exploitée avec succès. Les spécifications métrologiques (tenue de la qualité des mesures pendant deux mois sans intervention) ont été validées. Les données d'environnement sont ainsi mesurées en continu et distribuées de manière opérationnelle sur le site Internet de l'Ifremer. Une première bouée Marel a été réalisée, qui devrait être implantée en baie de Seine courant 1998, avec deux autres stations marines, complétant ainsi le réseau initialement prévu de quatre stations.

Par ailleurs, des études en laboratoire ont été menées sur les méthodes de prévention du biofouling sur les appareils de mesure immergés ; et de nouveaux capteurs et automates d'analyse ont été mis au point, notamment pour le dosage *in situ* des silicates et de l'azote ammoniacal.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

**Gestion durable
des ressources halieutiques**

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

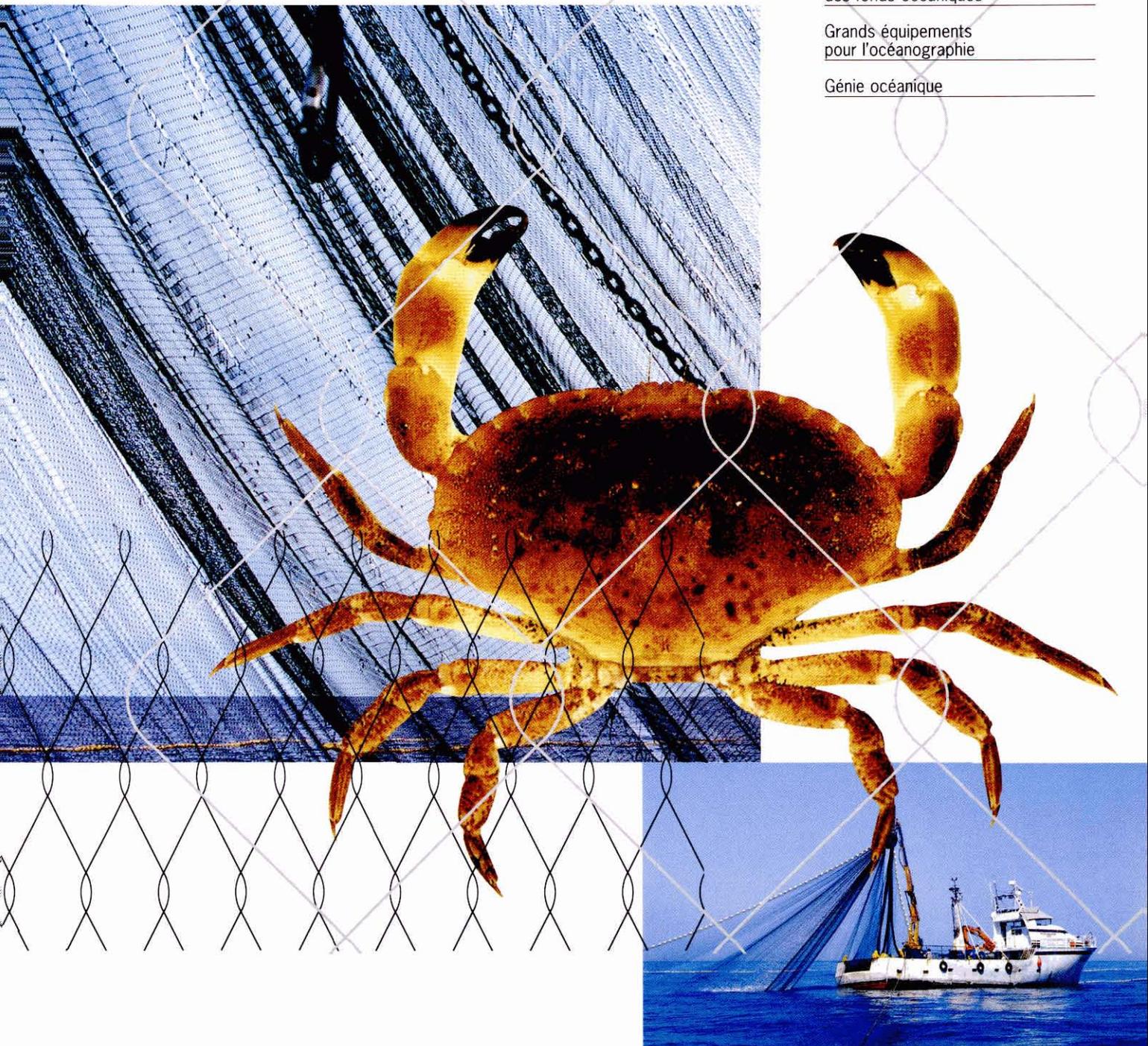
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Gestion durable des ressources halieutiques

Écosystèmes halieutiques

Variabilité des ressources : les petits pélagiques du golfe de Gascogne

Dans le cadre du Programme national déterminisme du recrutement (PNDR/ GLOBEC France), d'importants travaux sur l'écologie des petits poissons pélagiques dans le golfe de Gascogne, et plus particulièrement de l'anchois, sont menés en coopération avec l'Espagne.

Au cours de la campagne Pegase du N/O *Thalassa* (6 mai-3 juin 1997), une série d'actions (prospection acoustique, chalutages, pêches planctoniques, hydrologie) a permis de décrire au mieux la distribution et l'abondance des œufs, larves et adultes d'anchois dans un contexte multispécifique, ainsi que leur environnement hydrologique, climatique et trophique.

Par rapport aux années précédentes, la situation en 1997 se caractérise par une abondance exceptionnelle de sardine dans l'ensemble de la zone prospectée et une rareté relative du chinchard, habituellement omniprésent.

L'anchois a été observé comme les années précédentes sur les deux zones « classiques », situées d'une part au large de la Gironde, d'autre part au sud du bassin d'Arcachon (système Adour).

L'originalité de l'année 1997 réside surtout dans le fait que des quantités importantes de petits pélagiques (mélange anchois, maquereau, merlan bleu) ont été observées au large des accores du plateau continental.

Pendant la période de ponte de l'anchois, les zones de présence d'œufs (campagne Bioman réalisée par l'AZTI: institut basque/espagnol) correspondent bien à celle des adultes (observations acoustiques). Les frayères décrites les années précédentes sont donc retrouvées sur les mêmes secteurs (systèmes Gironde et Adour), mais il apparaît que d'autres zones, comme celle du large des accores, constitue des frayères occasionnelles qui contribueraient également au recrutement de l'espèce.

Évaluation des pêcheries

Pêcheries sous gestion

communautaire :

le thon rouge en Méditerranée

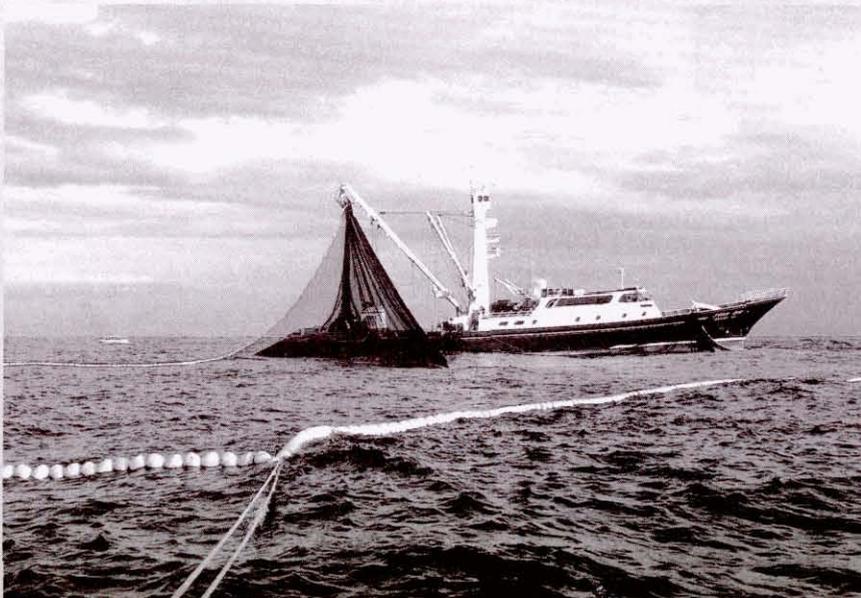
L'Ifremer, en collaboration avec des instituts de recherche espagnols, italiens, grecs et allemands, participe à un projet de recherche d'une durée de deux ans, financé par l'Union européenne.

Le projet vise à collecter des informations statistiques détaillées et fiables sur les captures et l'effort de pêche par engin de pêche et par zone, mais aussi

sur l'évolution des flottilles (nombre de navires, évolution technique, impact de l'interdiction de la prospection aérienne des zones de pêche...).

Par ailleurs, des informations complémentaires seront obtenues sur la biologie de la reproduction du thon rouge : taille moyenne à première reproduction et son éventuelle variabilité, période de reproduction. Ces données sont nécessaires pour pouvoir déterminer certains paramètres du stock et les conditions de son exploitation (biomasse de reproducteurs, taille de première capture...).

En mer du Nord, la France participe au programme International Bottom Trawl Survey (IBTS), coordonné par le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) depuis 1976 avec les Pays-Bas, le Danemark, l'Allemagne, la Norvège, la Suède, l'Angleterre et l'Écosse. Les campagnes à la mer réalisées dans le cadre de ce programme par l'ensemble des pays participants (campagnes IBTS du N/O *Thalassa* pour la France), permettent d'effectuer au cours du premier trimestre environ quatre cents traits avec un chalut à petites mailles. Elles constituent une base essentielle pour l'évaluation des ressources halieutiques. Elles permettent en particulier de calculer des indices d'abondance par âge des principales espèces de poissons exploitées en mer du Nord. Ces indices sont fondés sur le rendement horaire par groupe d'âge. Le groupe d'âge 1 est particulièrement intéressant, car il témoigne de l'importance du recrutement, c'est-à-dire de l'abondance des poissons nés l'année précédente, qu'il est impossible d'apprécier à partir des seuls débarquements commerciaux. Comparativement aux années précédentes, les résultats obtenus après les campagnes du premier trimestre 1997, ont révélé des indices d'abondance du groupe d'âge 1 exceptionnels pour le maquereau, dont le stock de mer du Nord avait pratiquement disparu; particulièrement élevés pour le tacaud norvégien et la morue; et enfin d'excellents niveaux pour l'églefin et le hareng.



*Pêcheries sous gestion
non communautaire :
les dispositifs concentrateurs
de poissons (DCP)
à la Martinique*

Les pêches expérimentales réalisées avec des palangres profondes ont permis de mettre en évidence la présence en abondance de nombreuses espèces, dont certaines étaient très peu capturées jusqu'à présent (espadon, thon noir par exemple). Leur exploitation commerciale autour des DCP permet de limiter les temps de recherche du poisson par les navires, et donc de diminuer les coûts, mais aussi un étalement de la production sur une plus grande partie de l'année.

L'une des contraintes au développement de la pêche sur DCP est la durée de vie relativement courte de ces dispositifs, qui décourage parfois les initiatives des professionnels. L'expérience acquise dans le passé en Martinique et dans d'autres régions tropicales a permis d'établir des principes de montage qui améliorent la tenue des dispositifs. Des améliorations ont pu être testées par modélisation du comportement des DCP sous l'action des courants, complétée par des séries de mesures en bassin et la réalisation d'observations directes (récupération et examen de DCP perdus par des fonds de 2 000 mètres). Ces travaux ont permis d'identifier les causes de disparition accidentelle des dispositifs (arrachement par les navires, agression dues aux lignes de pêche...), mais aussi les points faibles dans leur montage.

Systemes et capacités de captures

**La capacité de capture :
outil de gestion des flottilles**

Les pêches nationales s'inscrivent dans un contexte quasi général de surexploitation des principales ressources qu'elles exploitent. Une des causes structurelles de cette situation réside dans la mise en œuvre par l'ensemble des flottilles européennes, de capacités de capture qui dépassent le plus souvent le potentiel de renouvellement des stocks. La plupart des modes de régulation sont voués à l'échec si ce problème n'est pas maîtrisé au préalable.



Les travaux sur les flottilles menés à l'Ifremer depuis une dizaine d'années (caractéristiques, définition de métiers, calendrier d'activités, stratégie...) sont l'une des originalités de la recherche halieutique française, et constituent une bonne base de départ pour explorer ces notions. Ce savoir-faire lui a permis d'obtenir de l'Union européenne différents contrats d'étude portant sur la quantification et l'évolution dans le temps de l'efficacité technique de navires pratiquant différents métiers en fonction de leurs caractéristiques physiques et de l'évolution de leur équipements (électronique ou informatique embarquées par exemple). L'étude porte sur différentes composantes de la pêche française (dragueurs de Manche Ouest, chalutiers de Bretagne Sud et de Méditerranée, divers métiers du filet, éventuellement senneurs de Méditerranée). Elle devrait fournir des informations nécessaires pour l'amélioration de la gestion des flottilles, domaine considéré comme hautement prioritaire par l'Union européenne.

Technologie des pêches

Le travail de l'Ifremer sur les engins et techniques de pêche comprend une action permanente auprès des professionnels pour leur apporter les concours dont ils ont besoin tout au long de l'année, et des projets de recherche-développement portant principalement sur la sélectivité des engins de capture (chaluts sélectifs à langoustine, à baudroie, à crevette). En particulier, un dispositif original a été mis au point pour séparer correctement

les juvéniles de lottes (ou baudroies), et assurer un bon compromis entre un minimum de pertes immédiates et la perspective de prises importantes à moyen terme.

Les recherches portent également sur les méthodes de mesure et de contrôle du comportement des chaluts. En complément des études expérimentales menées dans les bassins d'essais spécialisés de Lorient et de Boulogne, des avancées très intéressantes ont été obtenues dans le domaine de la simulation numérique : les résultats acquis sur la modélisation du fonctionnement des chaluts (en partenariat avec l'École Centrale de Nantes) offrent de nouvelles perspectives pour la conception d'engins moins coûteux ou plus sélectifs, pour la conduite de l'engin et du navire, et pour l'amélioration de la sécurité.

Les travaux menés en acoustique s'appliquent à l'évaluation des stocks, au comportement des bancs, et à l'identification des espèces. Deux navires modernes et bien équipés sont à la disposition des chercheurs (la *Thalassa* et *L'Europe*). Ce programme de recherches porte notamment sur le développement de logiciels de traitement des données. Ainsi, le logiciel *Movies* est utilisé par les spécialistes de l'halieutique pour évaluer la biomasse grâce à l'intégration de l'énergie des échos de sondeurs de pêche. Une nouvelle version du logiciel *Movies Plus* a été entreprise en 1997, en particulier pour offrir de nouvelles fonctions de classification d'échos.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

**Optimisation et développement
des productions aquacoles**

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

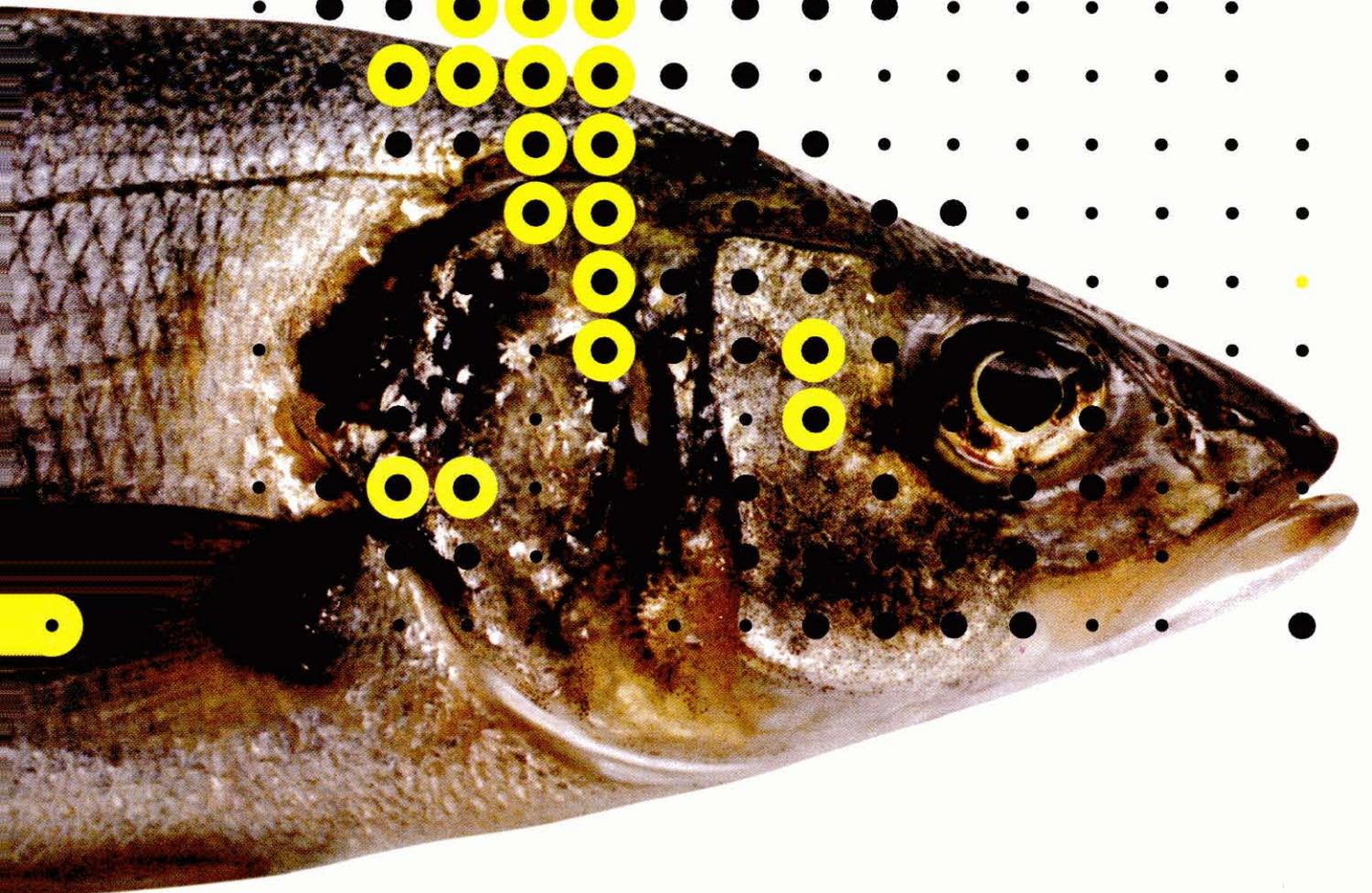
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Optimisation et développement des productions aquacoles

Biologie des espèces d'élevage

Physiologie de la reproduction, de la croissance et de l'adaptation

Le contrôle de la reproduction de l'huître

La maîtrise du cycle de la reproduction de l'huître est nécessaire pour garantir un fonctionnement optimisé des écloséries commerciales, qui deviennent un maillon important de la filière ostréicole, s'inscrivant dans une perspective d'amélioration génétique des espèces cultivées. Les connaissances sur la reproduction des huîtres ont été jusqu'à présent acquises dans la perspective du contrôle du captage du naissain en milieu naturel ; elles sont insuffisantes pour gérer efficacement les géniteurs en éclosérie. Une analyse plus fine du développement des gonades et des gamètes est donc réalisée en association avec une étude expérimentale de l'influence des paramètres de l'environnement et de la quantité d'aliments sur ce développement.

Les premiers résultats indiquent que les gonades ne se développeraient qu'après une saison automnale (température et durée du jour décroissantes). Une cohorte de gamètes irait alors jusqu'à la ponte, après avoir accumulé les réserves vitelinales nécessaires au développement de l'embryon et de la jeune larve.

La qualité des gamètes est très variable. Elle peut être due à l'état de maturité ou une qualité intrinsèque des réserves insuffisante. Des méthodes simples et rapides de caractérisation de la qualité des gamètes sont actuellement recherchées.

Nutrition et alimentation

La nutrition des larves de poissons marins

Une avancée importante a été réalisée dans le domaine de la nutrition des larves de poissons marins. Des études portant sur les besoins nutritionnels et les mécanismes de digestion des larves ont permis la formulation d'aliments composés utilisables dès les jeunes stades, permettant la substitution des proies vivantes. Cet aliment est en cours de développement, en collaboration avec des producteurs d'aliments.

La nutrition des huîtres

Les performances des huîtres dans les parcs ostréicoles dépendent de la quantité d'aliment disponible et de la capacité des huîtres à les digérer et assimiler. Dans le cadre d'un programme de sélection génétique, la digestion est analysée en prenant l'amylase comme enzyme modèle. Les premiers résultats montrent que cette enzyme présente des caractéristiques variables selon les individus. Il serait fondé d'approfondir l'hypothèse que cette enzyme de la digestion est un critère de sélection potentiel.

Ce programme est réalisé en collaboration avec le laboratoire de La Tremblade et celui du Muséum national d'histoire naturelle (Collège de France de Concarneau) dans le cadre d'un programme financé par la Communauté européenne (programme Genephy).

Optimisation et innovations techniques

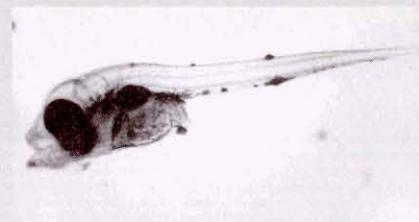
Maîtrise des écloséries

Le contrôle de la qualité des micro-algues dans les écloséries d'huîtres

Les géniteurs et larves d'huîtres sont alimentés dans les écloséries, avec des micro-algues fourrage produites en conditions contrôlées. Elles constituent la part la plus importante des coûts et une cause importante d'aléas dans la production.

Les bactéries associées constituent un élément essentiel de la qualité des micro-algues fourrage, et une source dominante de bactéries dans le milieu d'élevage des larves et des post-larves.

Les travaux portent sur la caractérisation des bactéries pathogènes, notamment avec les outils de biologie moléculaire, et la mise au point de méthodes de gestion de cette population bactérienne. On recherche plus particulièrement des souches bactériennes pouvant jouer le rôle de probiotiques. L'analyse précise de la pathogénicité a été réalisée sur des souches bactériennes récurrentes lors de mortalités larvaires en éclosérie. L'autre voie d'approche est l'introduction d'innova-



tions techniques et la mise au point de nouvelles méthodes de culture des micro-algues, plus particulièrement la culture en continu. Pour celle-ci, des travaux d'adaptation des milieux de culture ont été réalisés.

L'emploi de sperme congelé

pour la reproduction des poissons marins

Le sperme de turbot a été congelé avec succès dans l'azote liquide (-196°C). Après décongélation, 60 à 80 % des spermatozoïdes ont gardé leur motilité. De plus, leur capacité de fécondation demeure élevée. L'utilisation d'embryons issus de fécondations artificielles utilisant du sperme congelé, donne des résultats équivalents durant les phases ultérieures de l'élevage (incubation et élevage larvaire), à ceux observés pour des embryons issus d'inséminations utilisant du sperme frais. Ces résultats confirment l'excellente qualité des spermatozoïdes de turbot issus du processus de congélation et autorisent l'utilisation de cette technique lors des pratiques aquacoles. Cette méthode, mise au point chez le turbot, a été adaptée avec succès aux spermatozoïdes de bar.

Maîtrise des systèmes de grossissement

Évolution de la technique en système clos pour l'élevage des poissons

Dans le cadre des travaux sur la maîtrise de l'élevage des poissons marins en système clos, une unité pilote de grossissement de 2 tonnes de production fonctionne selon une procédure standardisée. Elle a été utilisée comme support de recherche pour deux sujets concernant le traitement par lagunage des effluents et la dynamique bactérienne dans un circuit recyclé. En outre, elle a servi de support à des essais technologiques (filtration mécanique centrifuge) et méthodologiques (évaluation du spectre granulométrique des fèces).

Santé des cheptels

Mécanismes de défense

Nature et bases moléculaires des réactions de défense des mollusques et crustacés

Chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, neuf peptides antimicrobiens ont été purifiés à partir du plasma et d'extraits acides d'organelles hématocytaires.

Trois de ces peptides ont été isolés et séquencés: MGD-1, la mytiline et MG1. Les 3 ADNc complets ont été obtenus, et les gènes de MGD-1 et mytiline sont entièrement séquencés. La position des introns a été déterminée et les régions promotrices sont isolées. L'utilisation de sondes nucléiques a permis de localiser l'expression de ces gènes dans les hématocytes.

Chez la crevette *Penaëus vannamei*, trois peptides antimicrobiens ont été purifiés à partir des organites hématocytaires et du plasma. Les séquences complètes ont été déterminées par dégradation, spectrométrie de masse et par le clonage des ADNc à partir d'une banque d'hématocytes. Les caractéristiques originales de ces peptides ont conduit à la création d'une nouvelle famille de peptides antimicrobiens, les pénaéidines. Les pénaéidines présentent une activité antifongique vis-à-vis d'un champignon pathogène de crevette, *Fusarium oxysporum*, et une activité antibactérienne.

L'étude de l'expression des gènes des pénaéidines a été entreprise, révélant que les peptides sont présents de manière constitutive dans les hématocytes. Enfin, les pénaéidines ont fait l'objet d'un dépôt de brevet.

L'identification de ces mécanismes de défense chez ces invertébrés, d'intérêt économique majeur au niveau mondial, pourrait être exploitée comme critères quantitatifs dans des programmes de sélection.

Recherche des gènes induits

lors de l'infection chez les mollusques

En utilisant la technique de mRNA differential display (mRNA-DD), 120 fragments d'ADNc, dont l'expression est modulée par une infection expérimentale chez les hématocytes de *Crassostrea gigas*, ont été isolés. Parmi ces ADNc, deux sont particulièrement intéressants : 1. une molécule présentant des homologues avec les leucines aminopeptidases (LAP), qui sont des protéases impliquées dans les mécanismes de défense chez les vertébrés. Chez les mollusques bivalves, le rôle des LAP est illustré par les travaux effectués *in vitro* sur l'huître *Crassostrea virginica* et *in vivo* sur la palourde *Ruditapes philippinarum*. Dans les deux cas, il a été montré qu'une infection bactérienne conduit à une augmentation de l'activité LAP intra-hématocytaire.

2. une kinase nommée BIK (pour Bivalve Ikb Kinase), présentant des homologues avec les sérines thréonines kinases de la famille IKK. Ces kinases constituent l'un des chaînons de la cascade d'activation de NF- κ B qui conduit, chez les mammifères, à l'expression de protéines du système immunitaire. C'est la première fois qu'un élément de cette cascade est isolé chez un mollusque.

Agents pathogènes et épidémiologie

Les virus des crevettes d'élevage

Les programmes ont porté essentiellement sur trois maladies virales des crevettes de genre *Penaëus*, et aussi sur une nouvelle affection virale des crevettes d'eau douce, apparue dans le courant de l'année.

. **TSV (Taura Syndrome Virus)**: après la caractérisation de l'agent, les recherches se sont orientées vers le clonage de son génome. La quasi totalité du génome viral a été séquencée et un diagnostic par hybridation *in situ* (ARN/ADNc) a été mis au point.

. **WSS (White Spot Syndrome)**: à partir du séquençage de fragments génomiques préalablement clonés, des amorces ont été synthétisées afin de mettre au point un diagnostic par PCR, en particulier par PCR indirecte *in situ* sur lames histologiques.

. **YHD (Yellow Head Disease)**: l'agent viral de type rhabdovirus a été partiellement purifié, et son acide nucléique isolé. Il s'agit d'un ARN à partir duquel des fragments d'ADNc ont pu être synthétisés et clonés. Une banque d'ADNc a été construite et est en cours d'analyse, afin de sélectionner des fragments utilisables comme sondes pour le diagnostic par hybridation.

. Enfin, un virus d'un type nouveau, à l'origine de mortalités chez les crevettes d'eau douce *Macrobrachium rosenbergii*, a été mis en évidence. La caractérisation de l'agent est en cours.

Pathologie bactérienne chez les crevettes: mise au point d'un diagnostic moléculaire

Une pathologie chronique s'est manifestée dans les élevages de crevettes en Nouvelle-Calédonie depuis 1993; elle est responsable de pertes économiques importantes.



Depuis quelques années, de nombreux agents étiologiques potentiels, tant bactériens que viraux, ont été recherchés; seules des bactéries ont pu être isolées, et la forte pathogénicité de quelques-unes, appartenant au genre *vibrio*, a pu être clairement établie par la reproduction expérimentale de la maladie. Des travaux de typages moléculaires ont par ailleurs révélé la participation dans cette pathologie d'au moins deux espèces, *V. penaeicida* et *V. nigripulchritudo*.

Un test de diagnostic moléculaire (PCR) a été mis au point pour *V. penaeicida*, et le sera prochainement pour *V. nigripulchritudo*.

Ce résultat permet d'ouvrir différents axes de recherche : l'étude de la pathogénicité de ces *vibrio*, une approche de sélection génétique fondée sur des critères de résistance à l'infection, la mise au point d'un test quantitatif pour des études d'écologie bactérienne, d'évaluation de l'efficacité de pratiques culturales ou de traitements prophylactiques ou sanitaires.

Sélection et amélioration des cheptels

Ressources génétiques

L'origine des huîtres portugaises

Dans le cadre des recherches menées sur la biodiversité des huîtres, le laboratoire de La Tremblade étudie diverses espèces ou hybrides d'huîtres susceptibles de s'adapter aux conditions environnementales du littoral français. Parmi celles-ci, l'huître « portugaise » *Crassostrea angulata* a été la base du développement de l'ostréiculture dans le sud-ouest de la France depuis son introduction accidentelle en 1868. L'origine réelle de cette huître creuse a souvent été discutée, notamment du fait de sa ressemblance avec l'huître creuse « japonaise » *Crassostrea gigas*. Ces deux huîtres sont actuellement considérées comme étant de la même espèce. Des études génétiques, fondées sur des marqueurs de l'ADN mitochondrial et des marqueurs microsatellites, ont montré que l'huître « portugaise » est en fait originaire d'Asie. L'étude d'échantillons en prove-



nance de Taïwan désigne cette île comme son origine probable. Les navigateurs portugais auraient donc transporté ces huîtres au cours de leurs premiers voyages en Asie, dès le XV^e siècle.

Carte génétique de l'huître plate

Le développement de marqueurs microsatellites chez l'huître plate *Ostrea edulis* (dans le cadre de l'Unité de recherche marine 16 avec le laboratoire de Montpellier 2) constitue une première étape dans l'élaboration d'une carte de liaison du génome de cette espèce (2N = 20). L'étude des liaisons génétiques de douze locus microsatellites et quatre locus allozymes a permis d'identifier neuf groupes de liaisons, dont quatre impliquant au moins deux marqueurs. Des études menés avec ces mêmes

marqueurs permettent de révéler, dès la phase larvaire, l'expression d'une dépression de consanguinité dans des familles consanguines.

Marqueurs génétiques

de la crevette *Penaeus stylirostris*

Dix marqueurs microsatellites ont été caractérisés sur *Penaeus stylirostris*. L'utilisation de ces marqueurs va permettre de suivre la variation du polymorphisme dans les populations captives, et d'effectuer des recherches de généalogie. Malgré le caractère fermé de la souche domestiquée de l'Ifremer, la SPR43, ces marqueurs ont montré un maintien du polymorphisme sur six des sept locus testés. La relation hétérozygotie-croissance mise en évidence sur certains de ces locus pourrait expliquer le maintien de ce polymorphisme.



Amélioration et sélection de souches

Des huîtres creuses tétraploïdes

Pendant l'été 1997, le laboratoire de La Tremblade a obtenu des huîtres creuses tétraploïdes comportant quarante chromosomes, soit quatre génomes de base. Ce succès ouvre des perspectives très intéressantes pour l'obtention d'huîtres triploïdes stériles (« huître des quatre saisons » possédant trois génomes de base) par de simples croisements entre des individus diploïdes du milieu naturel (deux génomes de base) et des individus tétraploïdes. Cette technique d'obtention des huîtres stériles permet de supprimer les inductions chimiques actuellement pratiquées, et d'obtenir 100 % d'huîtres triploïdes à chaque génération.

Ce résultat permet d'envisager, avec les professionnels et les administrations concernées, un programme de production d'huîtres « quatre saisons », les huîtres tétraploïdes servant uniquement de géniteurs maintenus en milieu confiné et contrôlé.

Amélioration génétique de la souche de crevette domestiquée *Penaeus stylirostris*

La croissance et la résistance aux maladies sont les deux objectifs de sélection principaux retenus pour le programme d'amélioration génétique de la souche domestiquée *Penaeus stylirostris* SPR43 (plus de vingt générations en captivité). Le gain de croissance obtenu sur une génération de sélection en lignée haute (sélection pour des grosses tailles) a été de + 18 % par rapport au témoin non sélectionné.

Ce gain reste cohérent selon que les animaux sont testés en situation de compétition ou en situation d'isolement. Les héritabilités réalisées de 0.25 en lignée basse (sélection pour des petites tailles) et de 0.17 en lignée haute montrent le maintien d'un polymorphisme compatible avec une sélection génétique dans cette population fermée. La recherche de critères de sélection pour la croissance mesurables à des stades précoces du cycle a montré l'existence de classes à forte vitesse de croissance. Dans la mesure où ce critère s'avère héritable, son utilisation permettra de réduire sensiblement les protocoles de testage.

La résistance aux bactérioses met en jeu différents mécanismes immunitaires. Des familles de crevettes ont été soumises à des infections bactériennes et certains paramètres immunitaires mesurés (le taux d'hémocytes et l'activité prophénoxydase qui est l'un des systèmes intervenant dans l'activité immunitaire des crustacés). L'activité proPo est bien corrélée à la résistance à l'infection, mais aucune variabilité d'ordre génétique n'a pour le moment été mise en évidence sur les familles testées.

Une lignée d'animaux présentant une coloration très marquée de la région caudale a été isolée à partir de populations domestiquées. La sélection a amplifié ce phénomène, qui permet de reconnaître rapidement les animaux porteurs; ce marquage naturel est intéressant pour protéger la souche ou pour disposer d'animaux de référence.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

**Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer**

Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Transformation, valorisation et qualité des produits de la mer

Qualité des produits marins

Adaptation des matières premières à la commercialisation et à la transformation

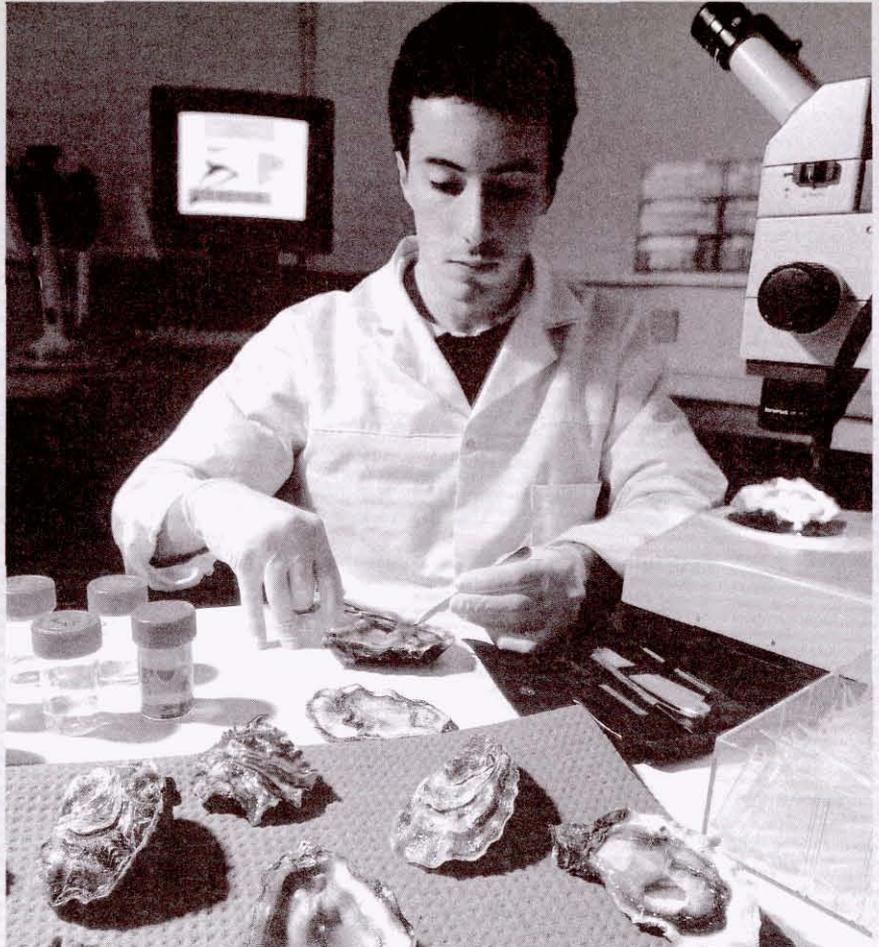
Qualité des mollusques

Le programme a essentiellement porté sur la qualité des mollusques. Il a permis de fournir à la profession conchylicole et à la filière de distribution des données caractérisant les produits huîtres et moules mis sur le marché, et de proposer des simulations de catégorisation de ces produits en se fondant, pour chaque catégorie de poids, sur des indices de forme, de remplissage, de qualité de chair et de coquille. Ces propositions devraient permettre de mieux informer le consommateur sur les coquillages qu'il achète, et aider les conchyliculteurs à résoudre les problèmes de variations de poids et d'indice constatées régulièrement entre le départ et l'arrivée des coquillages.

Il a également permis de définir un lexique de termes visant à qualifier le profil sensoriel des huîtres, de mettre au point des méthodes appropriées pour caractériser les coquillages et de fournir des informations sur leur composition biochimique fine. Ces dernières données devraient pouvoir être utilisées pour mieux les valoriser, en renforçant l'image de produit naturel. Enfin, des méthodes et des outils moléculaires (sondes ADN) ont été mis au point, permettant ainsi de vérifier l'appartenance réelle au genre et à l'espèce commercialisée.

Protéines marines et évaluation de la qualité des produits

La purification, sous forme homogène, d'un nouvel allergène à partir du cabillaud a été réalisée en 1997. Il s'agit d'une protéine d'un poids moléculaire apparent de 41 Kda et possédant un point isoélectrique de 5,83. Ces deux propriétés la distinguent de l'allergène Gad C 1, qui est une parvalbumine de 12 Kda. Ce résultat est une démonstration que le support de l'allergie alimentaire n'est pas limité, chez le poisson, à la présence des parvalbumines.



Des avancées scientifiques dans le cadre de l'AIP INRA-Ifremer ont par ailleurs été réalisées sur la compréhension des mécanismes de dégradation précoce de la chair de poisson *post mortem*, notamment dans la caractérisation de certains systèmes enzymatiques impliqués.

Dans le domaine de l'évaluation de la qualité, un projet d'identification des algues marines autorisées en alimentation humaine a été mis en place. Ce projet, financé dans le cadre de l'appel d'offre « Aliment demain », fait appel à la recherche de marqueurs protéiques permettant l'identification taxonomique des algues. Il est fondé sur l'emploi de l'électrophorèse PAGE SDS. Les résultats déjà acquis montrent, pour la plupart des espèces, une variabilité du profil protéique en fonction de la saison, permettant, pour chaque espèce étudiée, de mettre en évidence des marqueurs de saisonnalité.

Enfin, dans le cadre de l'action concertée européenne sur « l'évaluation de la fraîcheur du poisson », un bilan final des trois ans de travaux a été réalisé. Les résultats ont été présentés dans le cadre d'un colloque organisé spécialement à Nantes à l'intention des professionnels de la filière de la pêche et de la transformation et des scientifiques.

Définition de normes et études techniques sur la qualité des produits

Le fait marquant en 1997 a été la préparation du projet de Bibliomer « élargi » ; le FIOM s'est associé à la CITPPM et l'Ifremer pour développer ce nouveau bulletin de veille bibliographique qui traitera, au-delà du domaine de la valorisation des produits de la mer, de thèmes plus amont tels que l'aquaculture, l'environnement ou la production halieutique ; l'objectif est de mettre à la disposition des professionnels des infor-

mations scientifiques ou réglementaires analysées ou résumées sur tout ce qui concerne la qualité des matières premières et des produits. Le public visé comprend, outre les industriels de la transformation, les mareyeurs, les organisations de producteurs et le CNC (Comité national de la conchyliculture). Le laboratoire « Études technico-réglementaires » assure la coordination du projet. Parallèlement au bulletin, il développe une base de données documentaire informatique.

Dans le domaine de l'appui à l'administration, il convient de noter la contribution aux travaux du Codex Alimentarius et du Comité de normalisation AFNOR « Poissons transformés ».

Génie alimentaire

Fumage des poissons marins

Dans le domaine de l'altération du saumon fumé, les travaux ont été consacrés à l'étude des composés volatils produits lors de la culture sur le substrat saumon de souches préalablement isolées et identifiées à partir de saumons fumés du commerce. L'objectif était d'évaluer leur potentialité d'altération. Ces travaux ont été complétés par une optimisation des milieux de culture en relation avec les partenaires européens.

Parallèlement à ce programme, les travaux sur l'étude du stress bactérien induit par les procédés de fumage (sel, phénols et anaérobiose) ont été poursuivis dans le cadre régional du programme Vanam (pays de Loire) et du programme avec la Basse Normandie en collaboration avec l'université de Caen. Au niveau des interactions entre matière première et procédés de fumage, les caractéristiques sensorielles rhéologiques et de composition (teneurs en phénols et en sel) ont été évaluées en fonction des traitements technologiques.

Dans le domaine de la valorisation, le brevet Ifremer/CIRAD a été concédé en exclusivité à la société Arbor, qui a vendu deux équipements en 1997. Une chaîne complète de traitement de hareng a été installée et mise en route en septembre 1997 aux établissements Ledun, et un tunnel de fumage électrostatique aux

établissement Chancerelle pour le fumage de filets de sardine à l'huile en conserve. Nos travaux ont porté, d'une part sur l'accompagnement de l'industrialisation, d'autre part, pour le volet recherche, sur l'étude des champs électrostatiques en relation avec la configuration du système (électrodes, géométrie du tunnel, caractéristiques de la fumée...). Deux brevets ont été déposés en 1997 : l'un porte sur la limitation de l'encrassement du tunnel de fumage et l'autre sur la mise au point d'une bûche reconstituée pour la production de fumée par friction.

Texturation

Sur le volet procédé, les travaux ont été consacrés au développement de capteurs spécifiques (acoustique, luminance) et à la réalisation du logiciel de commande pour lequel la validation est en cours. En ce qui concerne les capteurs acoustiques, un brevet a été déposé en liaison avec l'École Centrale de Paris.

Dans le domaine de l'industrialisation du procédé d'extrusion, un certain nombre de travaux ont été réalisés en collaboration avec l'équipementier Clextral, notamment pour valider le changement d'échelle et tester un système industriel d'alimentation de l'extrudeur.

Les résultats obtenus vont servir de support aux travaux d'innovation dans la filière surimi, dans le cadre d'un partenariat avec l'Adisur, la communauté urbaine de La Rochelle, le FIOM et la CITPPM.

Caractéristiques des produits aquacoles

S'appuyant sur la structure d'analyse sensorielle du laboratoire Génie alimentaire, les travaux ont été menés, en partenariat avec le SYSAAF et l'INRA, sur les caractéristiques de truites Fario issues de sélection génétique. Une autre action impliquant l'analyse sensorielle a été menée en soutien au département Ressources aquacoles sur l'étude de l'effet de la densité de l'élevage sur les caractéristiques de la chair de truite arc-en-ciel.

Caractérisation des micro-organismes marins

L'année 1997 a été marquée par la livraison du nouveau bâtiment dit « des biotechnologies » sur le centre de Brest, financé par l'Ifremer et les collectivités territoriales bretonnes, qui a permis de développer la fermentation des micro-organismes marins hyperthermophiles à Brest.

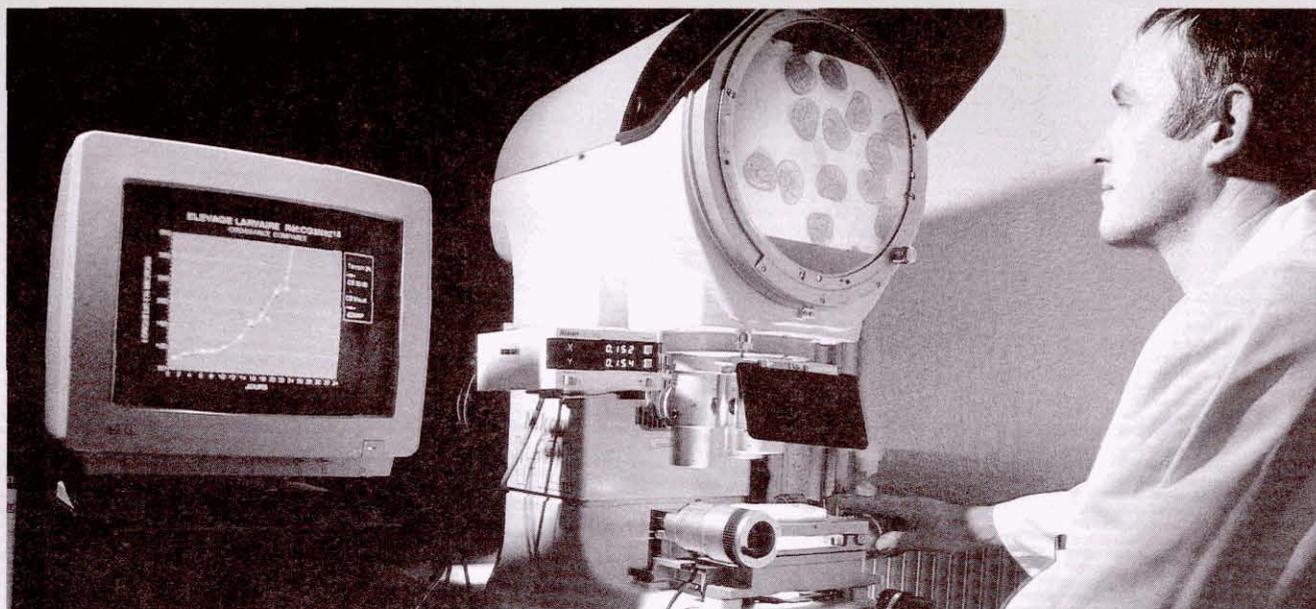
Une nouvelle espèce d'archaebactérie hyperthermophile, *Thermococcus hydrothermalis* (Godfroy *et al.*, 1997), dont la température optimale de développement est de 85°C, a été publiée. Cette bactérie a été isolée à partir d'un échantillon issu d'une source hydrothermale de la ride Est Pacifique (21°N). Elle utilise des substrats carbonés organiques pour sa croissance, qui est obtenue dans l'eau de mer, en absence d'oxygène et en présence de soufre. Cette aptitude à dégrader la matière organique à haute température en fait une source d'enzyme stables et actives à haute température susceptibles d'intéresser le secteur des biotechnologies. Ainsi, les enzymes amylolytiques (pullulanase et α -amylase) de cette souche ont été étudiées dans le cadre d'une collaboration développée au cours des dernières années avec le laboratoire de microbiologie industrielle de l'université de Reims.

En outre, deux nouvelles espèces de bactéries mésophiles productrices de polysaccharides ont été décrites : *Vibrio diabolicus* (Raguénès *et al.*, 1997) et *Alteromonas infernus* (Raguénès *et al.*, 1997) ; les propriétés physico-chimiques originales des polymères produits par ces souches ont été mises en évidence.

Recherche de molécules à haute valeur ajoutée

Recherche de molécules issues des micro-organismes hydrothermaux

Les efforts de valorisation de la collection de micro-organismes de l'Ifremer menés par le laboratoire BMH auprès des industriels, *via* la recherche et la caractérisation de molécules à haute valeur ajoutée (enzymes et polymères bactériens),



ont abouti, courant 1997, au dépôt de plusieurs brevets et licences d'exploitations.

Ainsi, une ADN polymérase recombinante thermostable issue du laboratoire, la pro-HA, a été mise sur le marché par la société Eurogentec S.A. D'autres enzymes devraient être commercialisées dès le premier semestre 1998.

De même, les travaux réalisés sur les polysaccharides bactériens ont abouti à une prise d'option par des partenaires industriels pour le développement et l'exploitation de certains d'entre eux (brevets et licences). Enfin l'exploitation, pour ce qui concerne l'aspect polysaccharides, des échantillons issus de la campagne océanographique « Microsmoke 1995 », s'est révélée très positive, tant sur la méthodologie mise en place pour la collecte de ces échantillons que sur l'aspect innovant des polysaccharides isolés et étudiés au laboratoire.

De plus le laboratoire BMH, fortement impliqué dans un programme national de séquençage d'un génome bactérien, s'est également vu confier par le Centre national de séquençage (Génoscope) la responsabilité de la valorisation de ce génome d'archae pour les gènes codant pour des enzymes. Ce travail de valorisation auprès des industriels devrait débuter courant 1998. Cependant, la

valorisation du génome passe évidemment par une identification préalable des gènes susceptibles de présenter un intérêt économique. C'est à ce travail qu'une partie du personnel du laboratoire s'est activement attelé courant 1997.

Recherche des molécules extraites des algues marines et de produits d'origine marine

Dans le cadre des recherches conduites au sein de l'Unité de recherche marine (URM2), associant le CNRS et l'Ifremer, un procédé de production de polysaccharides de faible masse molaire, extraits d'algues brunes, a été breveté. Ces oligofucanes possèdent des activités biologiques, en particulier antithrombotique, anti-inflammatoire et antiproliférative, qui en font de bons candidats pour le développement de nouveaux actifs pharmaceutiques et dermopharmaceutiques. En 1997, la production au stade pilote de ces oligosaccharides a été réalisée.

Dans le domaine de l'extraction-purification des molécules, une aide au transfert a été accordée par l'ANVAR pour la mise au point et le développement de nouveaux outils de chromatographie de partage centrifuge. Un partenariat industriel a été conclu avec la SEAB (Société d'études et d'application industrielle des brevets) pour

développer cette activité ; deux brevets concernant la purification de lipides marins ont été déposés.

Un colloque sur « les micro-organismes marins pour l'industrie » s'est tenu au centre Ifremer de Brest. Au plan technologique, un deuxième photo-bioreacteur LAMP2 a été mis en service. Cet outil permet la culture en conditions contrôlées de microalgues d'intérêt biotechnologique.

Par ailleurs, à partir des diatomées cultivées en grands volumes sur eaux souterraines salées à la station Ifremer de Bouin, une recherche de composés à activité biologique a été entreprise. Ces travaux ont mis en évidence des activités anti-proliférative et antibiotique significatives. Des expérimentations *in vivo*, en cours, préciseront le potentiel d'application de ces composés en santé humaine et en traitement de pathologies aquacoles.

Un contrat cadre de collaboration a été conclu avec la Coopérative de traitement des produits de la pêche de Boulogne-sur-Mer (CTPP). Cette coopérative, qui gère l'ensemble des sous et co-produits du port de Boulogne-sur-Mer, recherche une valorisation plus complète et plus rémunératrice pour ces produits. Des actifs cosmétiques (fractions peptidiques de poisson, glycoaminoglycannes...) ont ainsi été mis au point et commercialisés.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

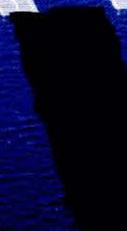
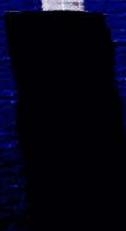
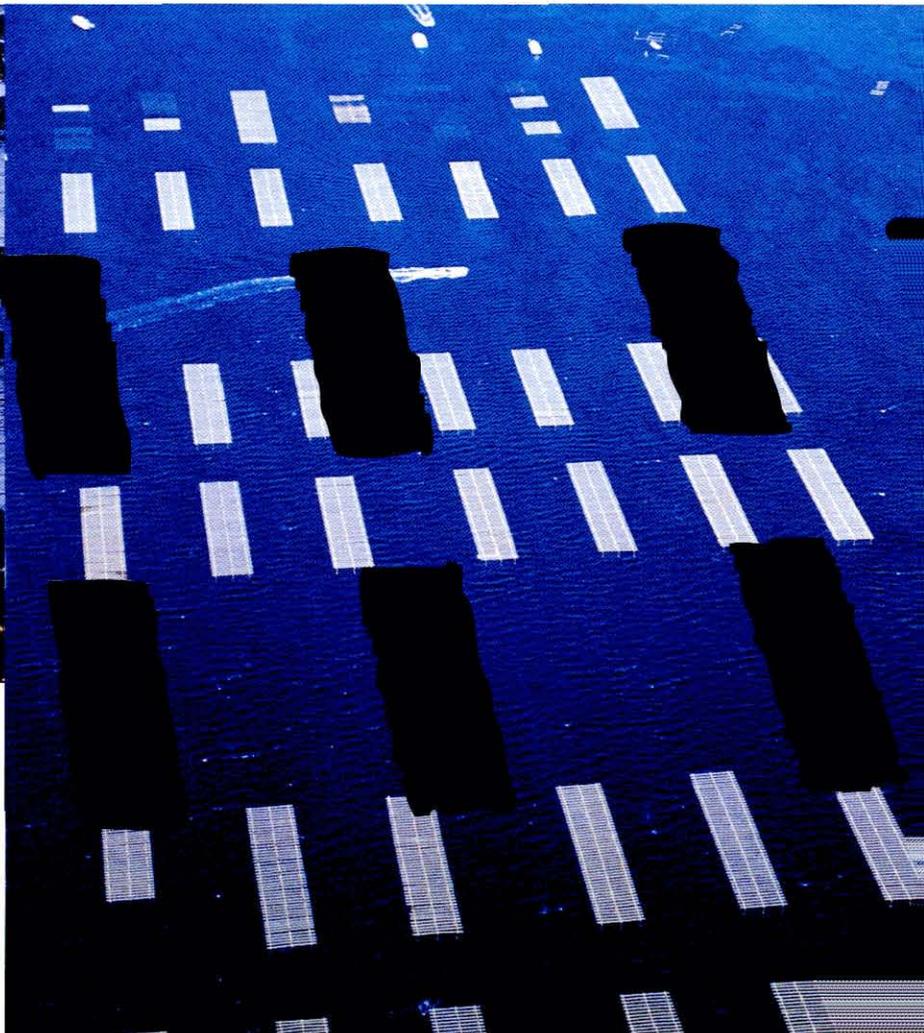
**Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines**

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines

Mise en valeur de la mer côtière

Régulation des usages des ressources et des espaces

Pêche récréative des coquillages en Loire-Bretagne

La pêche récréative se révèle être une composante essentielle du tourisme littoral, avec, de plus en plus, une dimension sociale, des enjeux environnementaux (ressource patrimoniale) et des préoccupations de santé publique. La surveillance de la qualité sanitaire des gisements naturels de coquillages concernés est de la compétence des services décentralisés du ministère de la Santé (DDASS), à la différence des secteurs professionnels qui relèvent des réseaux de l'Ifremer.

Pour mieux cerner l'importance et la localisation de cet usage, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne a confié à l'Ifremer une évaluation de la fréquentation de l'estran à cette fin, sur l'ensemble du littoral de sa compétence, entre le Mont Saint-Michel et la Vendée. C'est ainsi que, durant l'été et le début de l'automne 1997, des dénombrements de pêcheurs à pied ont été réalisés lors des marées de forts coefficients, à partir de survols aériens, soit par comptage direct, soit par prises de vues photographiques. Le résultat attendu est un outil cartographique mis à disposition de l'Agence et des DDASS des départements concernés, pour la connaissance des principaux gisements fréquentés, l'optimisation des réseaux de surveillance et l'aide au choix des priorités en matière d'assainissement littoral.

Système halieutique, ouvrage coédité par l'Institut océanographique et l'Ifremer, propose une représentation des interactions constitutives de la dynamique des pêches. Cette construction vise à rendre compte de la complexité des processus en jeu en gestion des pêches, constat qui invite à une réflexion sur les rapports entre recherche et décision.

Le Service d'économie maritime et le Département ressources halieutiques se sont associés dans cette démarche qui fait largement référence aux recherches système développées en agriculture. L'ouvrage amène le concept de système halieutique par une présentation des pêches françaises, des diverses facettes de l'halieutique et de l'évolution de la recherche dans ce domaine. Les auteurs ont ainsi voulu une lecture accessible à un public peu familier du monde de la pêche, et contribuer à un dialogue interdisciplinaire qu'il leur paraît nécessaire d'amplifier pour la recherche halieutique.

Études intégrées en appui à la gestion de la zone côtière

Pollution du littoral des Pyrénées-Atlantiques par les macrodéchets en provenance du large

À la demande de la préfecture des Pyrénées-Atlantiques, l'Ifremer a produit un document de synthèse sur la pollution littorale du Pays Basque par les macrodéchets, prenant en compte les différentes études réalisées précédemment sur les échouages dans le sud du

golfe de Gascogne ainsi que les connaissances actuelles sur la dynamique côtière du secteur.

Phénomène de malaïgue dans le bassin de Thau

Durant l'été 1997, un important phénomène de malaïgue (anoxie dans la colonne d'eau) a frappé une partie de l'étang de Thau (Languedoc-Roussillon). Il s'est traduit par vingt jours d'anoxie totale, suivis de vingt-cinq jours d'anoxie partielle (oxygène inférieur à 80 % de saturation), provoquant une perte de coquillages estimée à 3 500 tonnes, soit près du tiers de la production annuelle du bassin.

Les observations sur le départ et l'extension de l'anoxie, ajoutées à celles du suivi de la qualité des eaux depuis 25 ans, indiquent que le problème essentiel se situe maintenant dans les zones de bordure, où les ports et ateliers conchylicoles sont implantés. Celles-ci reçoivent les eaux de lavage des coquillages, les effluents des lagunages, et les algues et les déchets de détroquage qui s'y accumulent forment des secteurs riches en matières organiques.

Les orientations à prendre dans l'optique d'un fonctionnement durable des activités conchylicoles au sein de l'écosystème du bassin de Thau conduisent à formuler un certain nombre de recommandations :

- . modification de la répartition des tables et régulation des densités d'élevage ;
- . entretien des fonds et accélération de l'aménagement des ports conchylicoles ;
- . aménagement général des apports en nutriments et leur dissémination dans des secteurs privilégiant la dispersion (centre de la lagune), favorisant ainsi la production planctonique au détriment des macroalgues ;
- . réseau de surveillance des conditions propices à la malaïgue, basé sur une modélisation des paramètres responsables.



Étude intégrée du bassin d'Arcachon

Cette étude, conduite sur plusieurs années, s'est terminée en 1997 par la publication d'un document final. Le sens et la vitesse de l'évolution morphologique ont été précisés, permettant des projections raisonnables à moyen terme. La modélisation hydrodynamique, menée en parallèle, outre l'éclaircissement des mécanismes essentiels, a permis de simuler l'effet d'aménagements importants et, en particulier, d'en découvrir les inconvénients. Le maintien de la bonne qualité des composantes du bassin (eau, sédiment, matière vivante) a pu être mis en évidence, mais l'ampleur et la complexité grandissante du réseau, en même temps que l'amenuisement de la capacité tampon du milieu du fait de son occupation croissante, tendent à fragiliser le système. Des troubles graves pour l'ostréiculture provoqués par l'emploi de produits antisalissures à base d'étain (TBT), ou encore les proliférations d'algues vertes consécutives au développement agricole intensif sur le bassin versant, ont montré la sensibilité du bassin à l'introduction de substances allochtones (biocides ou nutriments).

Enfin, outre le bilan des connaissances actuelles, l'étude propose un certain nombre d'axes de recherches, et suggère des mesures pratiques telles que: des travaux d'entretien du milieu susceptibles de maintenir les mécanismes naturels, l'adaptation des projets d'aménagement aux aptitudes des sites, des choix de développement pour le bassin, la mise en place du suivi de cette évolution.

Diffusion des données scientifiques sur le milieu : aspects économiques

L'Ifremer participe à un projet européen « Customer valuation of environmental data » (Envaldat). Ce projet est motivé par le développement des techniques d'observation de la terre, par la quantité croissante de données sur l'environnement et le milieu marins côtiers qui en résulte, par l'émergence de marchés de ces données. Il existe aussi de nombreuses données publiques non commercialisées.

L'objectif est :

- d'examiner les méthodes d'estimation de la valeur des données environnementales et tous les paramètres entrant en ligne de compte dans l'appréciation de cette valeur ;

- de fournir aux diffuseurs et aux utilisateurs des outils simples permettant d'appliquer ces méthodes.

Économie des ressources marines

Économie des pêches

L'année 1997 a vu l'achèvement d'une action concertée sur l'économie des pêches, projet d'une durée de trois ans rassemblant le service économique de l'Ifremer et plusieurs autres équipes européennes, et dont les travaux ont été diffusés à la Commission européenne et au Comité scientifique, technique et économique des pêches. Le projet a permis de réaliser, entre autres publications, un rapport économique annuel sur les pêcheries européennes.

Le Commissariat général du Plan a sollicité la participation de l'Ifremer pour la préparation d'un rapport sur la politique publique des pêches. Demandé par l'Office parlementaire d'évaluation des politiques publiques et réalisé d'avril à novembre 1997, ce rapport a été rédigé par un groupe de travail permanent et s'est appuyé sur l'audition





d'experts, de professionnels et d'administratifs du secteur pêche en France.

Économie de l'aquaculture

L'évolution des marchés et des modes de consommation conduisent les producteurs français d'huîtres et de moules vers des stratégies de qualité et de différenciation des produits. C'est pourquoi un travail a commencé sur ce thème, par une typologie des démarches « qualité » des produits conchylicoles.

Les informations recueillies sur les aspects économiques de l'aquaculture en Méditerranée mettent en évidence que le développement récent de la pisciculture marine avait eu lieu principalement dans les îles. À partir de ce constat, une analyse économique a été conduite sur les atouts et contraintes de l'insularité pour le développement de la pisciculture marine. Cette étude a permis de dégager des éléments de réflexion en appui aux projets piscicoles sur sites insulaires, en Méditerranée et dans d'autres régions comme les Caraïbes.

Dans le cadre d'un programme de coopération technique de la FAO avec le Maroc, celle-ci a mis en place un groupe d'experts coordonnés par l'Ifremer, chargé de fournir une évaluation préliminaire détaillée du potentiel de développement de l'aquaculture au Maroc. Le travail, effectué sur une période de six mois, a pris en considération les possibilités offertes par les nouvelles techniques d'élevage de certaines espèces dans le bassin méditerranéen, du développement de l'aquaculture dans la région et de l'évolution des marchés.

Données économiques maritimes françaises

Un document intitulé « Données économiques maritimes françaises » a été publié par les éditions de l'Ifremer en décembre 1997. Ce document rassemble des informations qualitatives et quantitatives sur l'ensemble des activités économiques liées à la mer (pêche, aquaculture, construction navale, ports et transport maritimes, parapétrolier offshore, tourisme littoral, etc.) y compris les services publics non marchands (recherche océanique, surveillance de l'environnement et du milieu côtiers, sécurité maritime, etc.). Ce document fera l'objet d'une réactualisation périodique.

La réglementation littorale, un domaine complexe et en pleine évolution

Les premiers travaux, conduits sur la zone de la mer des Pertuis, ont montré l'apport des outils de type système d'information géographique (SIG) et multimédias pour la recherche d'information et la visualisation des zones d'application relatives à la réglementation littorale. Cette démarche est susceptible de faciliter la vision synthétique du territoire côtier, l'analyse des conséquences pour une activité donnée, et la confrontation vis-à-vis de contraintes naturelles ou socio-économiques.

Ressources potentielles de la zone économique exclusive

ZEE France

La campagne ZEE Gascogne 2 (17 mai au 10 juin 1997), réalisée dans le cadre du « programme ZEE », ainsi que, *pro parte*,

la campagne à objectifs scientifiques Sedifan 1, toutes deux localisées dans le golfe de Gascogne, ont permis l'achèvement d'un projet d'intérêt national, à savoir la reconnaissance, hors plateau continental, des fonds marins autour de la métropole. Les premiers résultats scientifiques de ZEE Gascogne 2 touchent à la complexité de la segmentation de la marge, en possible relation avec les phénomènes liés à l'ouverture du golfe de Gascogne, ainsi qu'à l'importance du rôle des éventails détritiques profonds dans le remplissage sédimentaire récent du golfe, en particulier celui de l'éventail profond armoricain, qui couvre plus de 20 000 km².

Par ailleurs, les travaux de synthèse réalisés sur la Méditerranée occidentale ont abouti en cours d'année à l'édition de cartes bathymétriques et d'imagerie acoustique à diverses échelles.

Nodules : fonds marins/Autorité internationale Ifremer/Afernod, agissant au nom de la France, reconnue comme investisseur pionnier, a élaboré et proposé un plan de travail approuvé par l'Autorité internationale des fonds marins. C'est la reconnaissance de nos droits sur un secteur de 75 000 km² dans le Pacifique central.

Granulats

En matière d'environnement, on notera l'élaboration d'un cahier des charges définissant le contenu des études d'impact ainsi que les modalités de suivi des extractions ; ces éléments seront prochainement inclus dans les décrets et arrêtés pour application en métropole et dans les DOM. Ces recommandations sont par ailleurs prises en compte par les préfets dans les conditions de délivrance des permis d'exploitation.

En ce qui concerne le rôle de service public de l'Ifremer, l'année 1997 a été particulièrement marquée par le nombre de dossiers traités (une quinzaine), prouvant ainsi l'intérêt porté par les administrations et les entreprises aux avis et expertises de l'Institut dans ce domaine des matériaux marins.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

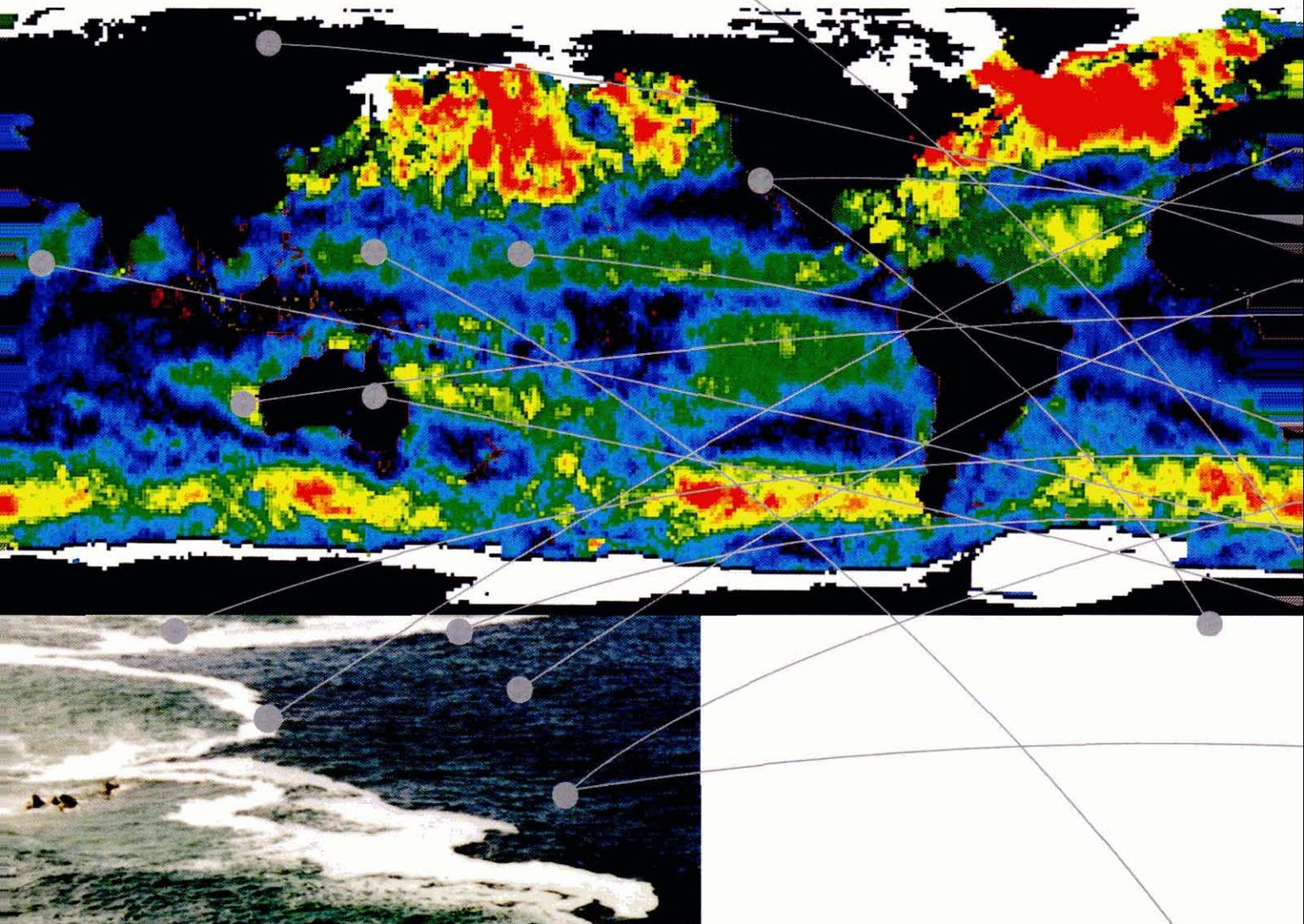
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

**Compréhension
de la circulation océanique**

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Compréhension de la circulation océanique

Circulation à grande échelle et modélisation de l'océan Atlantique

WOCE

World Ocean Circulation Experiment

La participation du laboratoire de physique des océans à ce programme international se poursuit, par l'analyse et la synthèse du jeu de données recueillies lors de la phase expérimentale de mesures hydrologiques et courantométriques (1992-1995), par la poursuite du projet d'observation de la circulation des masses d'eau antarctiques par les flotteurs Marvor, et par la participation au projet de modélisation réaliste Clipper. Le laboratoire a organisé le colloque international WOCE sur l'Atlantique Sud. Plus de cent scientifiques venus de dix pays s'y sont réunis pour présenter les premiers résultats de WOCE dans cet océan, et pour préparer les futurs travaux en coopération.

Les analyses ont concerné la quantification et la description des transports hémisphériques de masse et de chaleur, leur variabilité temporelle; l'étude de la circulation de l'eau antarctique intermédiaire (profondeur moyenne de 800 m) dans l'Atlantique sud et équatorial; transports dans les zones de fracture Romanche et Chain; ainsi que diverses études locales.

Les flotteurs Marvor (projet Samba)

La dernière phase de déploiement de flotteurs dans le bassin du Brésil et à l'équateur s'est déroulée en novembre 1997, à bord du NO *Nadir*. Une cinquantaine de flotteurs lagrangiens ont été immergés pour une mission nominale de cinq ans. Cependant les flotteurs lâchés en 1994 continuent à faire surface régulièrement et à transmettre leurs données, qui permettent de reconstituer leurs trajectoires. Celles-ci indiquent la grande variabilité saisonnière des courants zonaux équatoriaux, l'intensité et le confinement des courants proches de la pente continentale brésilienne, et le régime diffusif de la région tropicale/sub-équatoriale.

Le projet Clipper s'est mis en place en 1997, en collaboration avec les laboratoires d'océanographie de Grenoble (LEGI) et de Paris (LODYC). Les premières

simulations réalisées au laboratoire de physique océanographique se sont intéressées à la sensibilité du modèle au nombre de niveaux (42 ou 72) représentant la structure verticale de l'Atlantique Nord. La sensibilité est évaluée en considérant la manière dont le modèle rend compte de processus tels que la convection en mer du Labrador; des écoulements dans le détroit de Gibraltar; des courants profonds à l'équateur; du transport dans le détroit de Floride ou dans la zone de fracture de Romanche. Globalement, les différences entre les deux versions du modèle sont faibles. Une nouvelle option a été ajoutée au modèle, qui permet de simuler des trajectoires de flotteurs. Cette option sera particulièrement utile pour l'interprétation des données des projets Arcane et Samba.

Phénomènes d'échelles intermédiaires, circulations de bord est en Atlantique

L'activité essentielle a été la réalisation de campagnes à la mer.

Le projet Arcane concerne l'étude de la dynamique de la zone intergyre de l'Atlantique Nord-Est, des processus de transport et de mélange des eaux méditerranéennes et centrales, de la formation des eaux modales, et des courants sur la pente continentale à l'ouest et au nord de la péninsule ibérique. Ce projet se déroule en collaboration étroite avec le SHOM. Une campagne du LPO s'est déroulée à bord de la *Thalassa*, dans le but de réaliser des stations d'hydrologie, de relever et redéployer des mouillages. Localement, des structures tourbillonnaires turbulentes ont été identifiées et ensemencées à l'aide de flotteurs et de bouées dérivantes. Les flotteurs Marvor, immergés en 1996, continuent à transmettre leurs données, qui confirment la nature faiblement turbulente de la région étudiée.

Le projet Cambios, une composante du programme MAST/Canigo de l'Union européenne, a réalisé une campagne à bord de la *Thalassa* avec des participants du LPO, du CMO/SHOM, et des universités de Kiel, des Açores et des Canaries. Pour étudier le front des Açores et la

circulation de l'eau méditerranéenne, les opérations ont compris 68 stations bathysondes (avec courantomètre ADCP), 115 sondes XBT, 20 flotteurs de type Rafos, la mise en place de 4 mouillages (avec courantomètres, capteurs de température et de salinité, et instruments de tomographie), des mesures en continu des courants superficiels par l'ADCP du navire, de la température et de la salinité de surface. Une seconde campagne a eu lieu en décembre pour installer un nouvel émetteur acoustique prototype.

Les études de turbulence océanique sont centrées sur la dynamique non linéaire régissant le transport et le mélange liés aux mouvements d'échelles moyennes qui, à eux seuls, contiennent plus d'énergie que tous les autres mouvements de l'océan. L'étude de la topologie du mélange, c'est-à-dire la géométrie de ses propriétés, révèle l'apparition de filaments très longs (plusieurs centaines de kilomètres), situés autour et entre les tourbillons. Ces filaments, dont l'évolution est très rapide (donc difficile à observer), sont la signature des champs de déformation qui gèrent l'interaction des tourbillons entre eux. Ces idées théoriques trouvent leur application dans l'étude du mélange des masses d'eau de fort contraste en sel et en température (entre l'eau méditerranéenne et l'eau arctique intermédiaire, par exemple). On montre ainsi le rôle des tourbillons dans la formation de fronts thermohalins très énergétiques, avec une signature très faible sur le champ de densité.

Données satellitaires pour l'océanographie physique

Traitement, archivage et diffusion des données satellitaires

Fin 1996, en collaboration avec le JPL (Jet Propulsion Laboratory) et l'Agence spatiale européenne, le Cersat s'est engagé dans l'archivage, le traitement et la diffusion des données du diffusiomètre NSCAT. Dans le cadre de ces collaborations, le Cersat est devenu le distributeur en Europe des données NSCAT par Internet, facilitant ainsi l'accès à ces données à la communauté européenne. Nous avons également réalisé une base

de données colocalisées ERS/NSCAT, permettant aux scientifiques de comparer rapidement NSCAT au radar altimètre et au diffusiomètre ERS-2.

En 1997, le CERSAT a également porté ses efforts sur la distribution des données satellite. Depuis juin 1997, toutes les données ERS et NSCAT, ainsi que les atlas vent et glace, sont accessibles *via* WWW. L'utilisateur peut facilement obtenir, pour la période et la zone géographique qui l'intéresse, les données du capteur sélectionné. Moins de trois mois après l'ouverture de ce service, avaient été enregistrées plus de cent demandes de données par mois. Les données des atlas vent et glace sont également visualisables directement sur Internet. Depuis la mise en place de ce service, le nombre d'accès au serveur (<http://www.ifremer.fr/cersat>) est passé de 1 500 connexions par mois en 1996 à environ 10 000 fin 1997. En 1998, nous continuerons les travaux engagés dans cette voie, afin d'offrir à la communauté scientifique des services et des produits toujours plus adaptés à leurs besoins.

Validation des produits des capteurs, constitution des séries temporelles

L'effort principal a porté sur la validation des données du diffusiomètre NSCAT de la NASA, embarqué sur le satellite japonais ADEOS. L'expérience acquise sur le traitement des données des diffusiomètres de ERS-1 et ERS-2 a permis d'obtenir, rapidement, des résultats probants en termes de champs de vent à la surface des océans. Ces résultats ont été obtenus grâce à la réalisation d'une base de données colocalisée multi-capteurs/multi-satellites sur l'ensemble des océans ; les champs de vents du Centre européen de prévision à moyen terme (ECMWF) sont inclus dans cette base, ainsi que les données des bouées météorologiques européennes. Les comparaisons entre les résultats de NSCAT et le diffusiomètre et l'altimètre de ERS-2 ont été pris en compte par les équipes spécialisées de la NASA pour affiner le modèle d'inversion entre mesures radar et vecteur vent.

Une méthode spécifique de traitement des mesures radar de NSCAT a été mise

au point pour établir des cartes de rétrodiffusion des glaces de mer sur les deux océans polaires. Ces études sont menées dans le cadre du projet européen IMSI (Integrated Use of New Microwave Satellite data for Improved Sea Ice Information), en liaison avec des équipes de pays nordiques. Les premières analyses de résultats montrent que les données de NSCAT permettent de mieux discriminer les glaces pluriannuelles que ne le font les diffusiomètres de type ERS.

Utilisation des données satellitaires pour la compréhension des interactions océan-atmosphère

Les champs hebdomadaires de vent diffusiométriques sur une grille de 1° par 1°, et par comparaison ceux du modèle atmosphérique Arpège de Météo France, ont été utilisés pour forcer un modèle de circulation océanique. Les réponses du modèle océanique forcé par les tensions de vent ont été comparées aux mesures sub-surface des bouées du réseau TAO et aux observations de la hauteur de la mer des altimètres Topex/Poséidon. Les résultats montrent un apport positif des champs de vent satellitaires. Si, en moyenne, les résultats obtenus par ces champs sont comparables à ceux obtenus avec des vents du modèle atmosphérique, seuls les champs de vent du diffusiomètre ont permis de reproduire correctement les variabilités basse et haute fréquence (inter-annuelle à quelques semaines) des principaux paramètres océaniques (courant, température, hauteur du niveau de la mer).

Une année de données de l'altimètre bifréquence de Topex a été utilisée pour tester les performances d'un indice de pluie océanique par comparaison avec les données COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) et du Global Precipitation Climatology Project. Un bon accord quantitatif est obtenu dans la zone de convergence intertropicale (ITCZ), où l'altimètre indique un maximum plus intense et plus concentré et un accord qualitatif dans le reste de l'océan, en particulier pour les grandes structures des trois océans et pour l'inversion de phase entre les deux hémisphères.

Systèmes de mesures *in situ*

Flotteurs et profileurs

Le flotteur dérivant en subsurface Provor a été conçu à partir de l'expérience acquise au cours des dernières années avec les flotteurs lagrangiens Marvor. Deux prototypes de ce nouveau flotteur ont été mis en fabrication en 1997, et une étude d'analyse de la valeur a été lancée pour en optimiser les coûts. Une autre approche consiste à concevoir des flotteurs eulériens installés en réseau : dans le cadre des réflexions inter-organismes entreprises sur le système de mesures *in situ* Coriolis, et en relation avec les travaux de modélisation océanique Mercator, une étude de faisabilité a été faite sur le flotteur profileur Emma, avec plusieurs options techniques possibles.

En prévision des déploiements en fin d'année de 50 flotteurs Marvor, des opérations de recette poussées ont été réalisées. Il en résulte un excellent taux de retour de données. Une nouvelle chaîne d'acquisition et de traitement des données Marvor a été conçue et réalisée, en collaboration avec le SHOM et la société Sysca. Fondée sur les algorithmes développés au laboratoire de physique des océans depuis plusieurs années, la chaîne vise à améliorer et systématiser les procédures d'acquisition des messages Argos, la gestion des fichiers, la validation des données, la détermination des corrections, et l'élaboration des trajectoires.

Tomographie acoustique

Deux nouveaux instruments ont été réalisés, testés, et déployés dans le contexte du projet Cambios : un récepteur autonome (Sara), et un émetteur basse fréquence à 400 Hz. L'étude de l'optimisation de la source a été réalisée pour obtenir des portées de 1 000 km avec un rendement acceptable. Les études préliminaires sur une antenne de réception multivoie ont été engagées.

Un nouvel ensemble d'émission-réception a été intégré, testé et mouillé en mer (campagne Cambios). L'étude de l'optimisation de la source a été réalisée pour obtenir des portées de 1 000 km avec un rendement acceptable.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

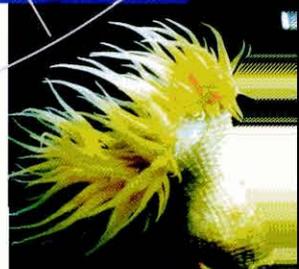
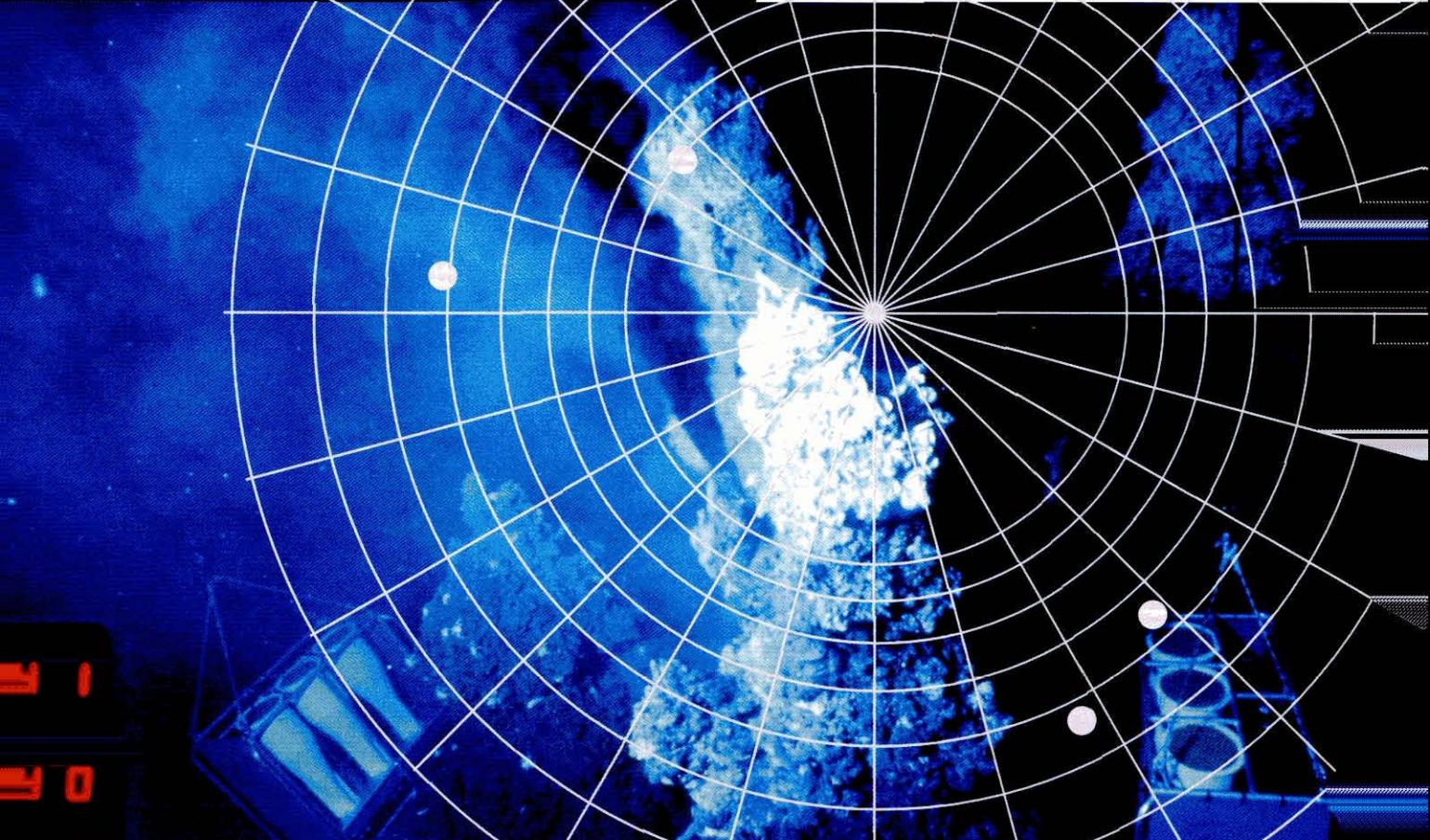
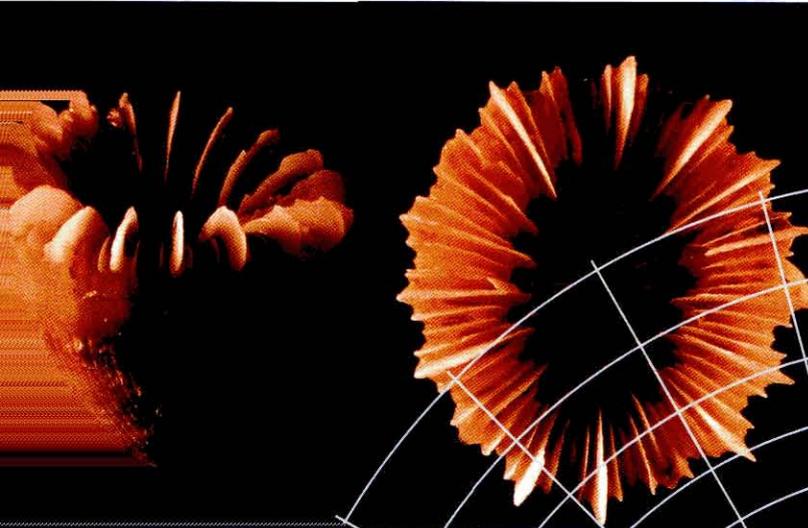
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

**Connaissance et exploration
des fonds océaniques**

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Connaissance et exploration des fonds océaniques

Exploration des dorsales océaniques et hydrothermalisme

Construction de la croûte océanique, propriétés croûte-manteau

Campagne de géophysique SarRidge (9 août au 2 septembre 1997) sur le N/O Nadir

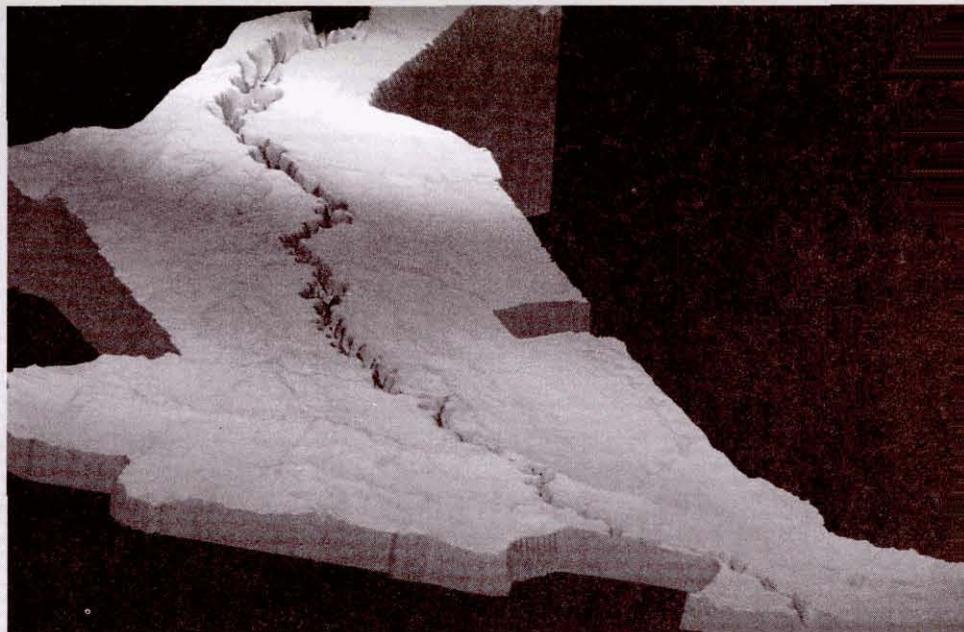
L'objet de la campagne SarRidge est une étude haute résolution des mécanismes d'accrétion, de structuration de la croûte océanique formée à l'axe d'une dorsale lente et de leurs relations avec les systèmes hydrothermaux.

Cette « haute résolution » est intermédiaire entre la très haute résolution accessible par un submersible et la résolution permise par les mesures et les enregistrements de surface effectués à bord d'un navire océanographique. SarRidge a mis en œuvre le système acoustique remorqué près du fond (SAR) équipé de Pasisar (sismique), et d'un magnétomètre trois composantes. La navigation de l'engin a été assurée pour la première fois à l'aide d'une base ultracourte (Posidonia).

Six segments de dorsale de différentes morphologies ont été choisis entre 39° N - latitude des Açores (profondeur 1 500 m) et 33° N (profondeur 4 000 m). Les enregistrements des anomalies magnétiques à trois profondeurs différentes (150 et 450 m au-dessus du fond, ainsi qu'en surface) constituent les résultats originaux les plus spectaculaires. Ces anomalies peuvent être interprétées en termes de profondeur des sources magnétiques et du mode de la mise en place de la nouvelle croûte océanique.

Campagne Pacantarctic (valorisation des données)

L'exploitation des données analytiques sur les échantillons prélevés au cours de la campagne Pacantarctic confirme la nature « appauvrie » classique au droit d'une dorsale médio-océanique. Par contre, l'analyse fine des données isotopiques du strontium, du néodyme et du plomb met en évidence un résultat nouveau. Il s'agit de deux domaines



mantelliques bien distincts, l'un au nord de la latitude de l'île de Pâques, l'autre au sud ; cette propriété est corrélée à la topographie générale du système dorsale.

Le second résultat concerne la découverte de la signature d'un manteau anormal sur une ride atypique (Hollister), située au voisinage de la dorsale Pacifique-Antarctique. Cette donnée géochimique constitue un argument déterminant à prendre en compte pour les modèles de la cinématique des plaques dans la région (hot spot de Louisville).

Campagne Océanaut (août-septembre 1995) (valorisation des données)

La campagne Océanaut (*Nadir-Nautile*, août-septembre 1995) devait comparer, au sud des Açores, deux segments de la dorsale médio-atlantique montrant un contraste morphologique et gravimétrique très marqué (résultats de la campagne Fara-Sigma, 1991). Ces segments, situés entre les zones de fracture Oceanographer et Hayes, vers 33°-35°N, ne sont distants que de 100 km. Le segment nord, moins profond (< 2 300 m à l'axe), présente une forte anomalie négative de gravité, et une chaîne de petits volcans (200-300 m) perpendiculaire à son édifice volcanique central. Le segment sud, plus profond (> 3 000 m à l'axe), présente une anomalie gravitaire moins

négative, et est dépourvu de volcans. Vingt plongées du *Nautile* et un relevé magnétique serré montrent que, au Nord, l'activité magmatique a été intense mais épisodique depuis au moins 2 millions d'années, alors qu'au Sud les apports magmatiques ont été faibles pendant un million d'années. Les fluctuations de l'activité magmatique à l'axe du segment sud ont permis, aux extrémités du segment, une fracturation intense de la croûte amincie et l'affleurement du manteau océanique. Ces roches nous renseignent sur les conditions de circulation des magmas dans le manteau supérieur, la fusion partielle en profondeur, et les circulations hydrothermales tardives lors de leur mise en place sur le plancher de l'océan. Le segment nord montre l'influence de l'anomalie géochimique régionale du manteau liée au point chaud des Açores, alors que le sud en est presque dépourvu. Une anomalie géochimique plus localisée, connue au nord de la zone de fracture Oceanographer (caractères isotopiques radiogéniques Pb, Nd et Sr spécifiques) n'apparaît plus, au sud, qu'à l'intersection de la chaîne de volcans avec l'axe (34°50' N). La présence de manteau sous-continentale dans la région source, précédemment invoquée pour cette anomalie, est démentie par l'absence d'anomalie négative en Nb dans les spectres étendus de terres rares enrichis de ces échantillons.

**ODP : résultats du Leg 176
(10 octobre au 11 décembre 1997)
(approfondissement du puits de forage
735 B, dorsale sud-ouest indienne)**

Le Leg 176 (10 octobre au 11 décembre 1997) du programme international de forage ODP (Ocean Drilling Program) avait pour but d'approfondir le puits 735 B, situé à 700 m de profondeur, à l'est de la zone de fracture Atlantis II (dorsale sud-ouest indienne). Déjà, 500 m de gabbros (croûte océanique inférieure) avaient été forés en 1987, lors du Leg 118. L'objectif principal était d'obtenir une section aussi complète que possible de ces gabbros formés à l'axe, il y a 11 millions d'années. Le second objectif était d'atteindre la zone de transition croûte-manteau, et de forer le plus profond possible. Le manteau n'a pas été atteint ; mais, pour la première fois, une portion importante (1 508 m) de croûte océanique inférieure a été échantillonnée *in situ*. Les résultats montrent que l'activité magmatique a été épisodique, accompagnée ou non de déformations, et qu'il existe une relation étroite entre processus magmatiques, déformation et pénétration de l'eau de mer. Le Leg 176 constitue une avancée majeure car, en dépit de la perte de 900 m de train de tiges en fin de campagne, 1 508 m de roches ont été forés au cours des deux Legs (118 et 176). Le puits 735 B est le deuxième puits le plus profond jamais foré dans la croûte océanique, avec un taux de récupération de 87 %, ce qui est

exceptionnel dans l'histoire d'ODP (taux habituel 20 à 25 % en roches dures). Les descriptions des carottes ont été complétées par des mesures physiques sur mini-carottes (rayons gamma, vitesse acoustique, densité, porosité, conductivité thermique, susceptibilité magnétique, paléomagnétisme), et des analyses géochimiques. Des mesures *in situ* (températures, densité, résistivité, vitesses soniques, rayonnement gamma, imagerie - FMS -, sismique verticale) ont été effectuées en début et en fin de campagne. Seuls les 595 premiers mètres ont pu être mesurés, en raison de la rupture du train de tige.

Panaches et sites hydrothermaux

**Projet européen Marflux/ATJ :
ride médio-atlantique
(flux hydrothermaux au voisinage
du point triple des Açores)**

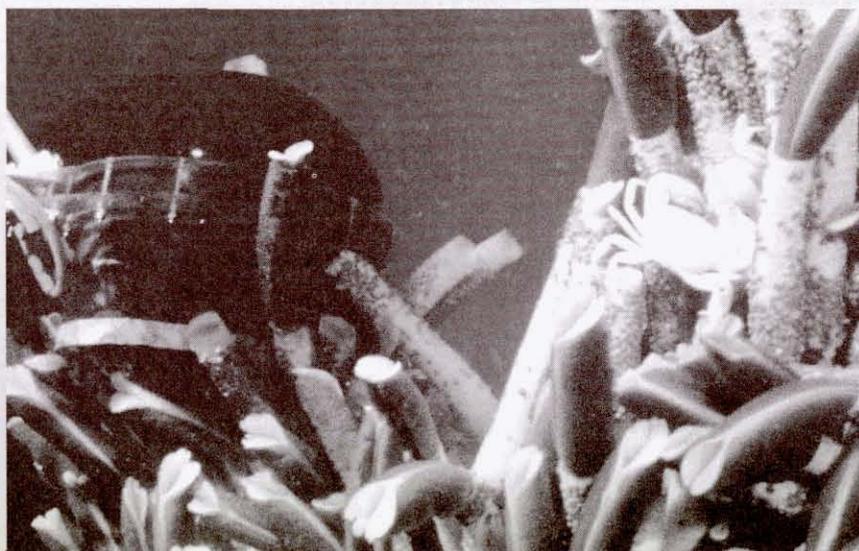
Marflux/ATJ est le premier projet « dorsales médio-océaniques » (hydrothermalisme) ayant bénéficié d'un financement de la Communauté européenne (MAST 2). S'étant déroulé sur trois ans, le rapport a été remis en février 1997.

Au cours du projet Famous (French American Mid-Oceanic Undersea Survey) en 1973-1974, aucun indice n'avait permis, avec les moyens de l'époque, de révéler l'existence d'une activité hydrothermale le long des segments Amar et Famous.

Des signaux néphéométriques (présence de particules dans l'eau de mer) ont été détectés grâce à un capteur placé sur le sonar latéral Tobi. Les palanquées verticales classiques et le système de palanquée dynamique construit à l'Ifremer ont permis de détecter des signaux hydrothermaux (manganèse, méthane, hélium) sur chaque segment de la dorsale entre 36°N et 40°N (campagnes Heat et Escape réalisées à bord du N.O. *Charles Darwin*). La vallée axiale d'une dorsale lente constitue un bassin profond fermé ou semi-fermé qui sert de piège aux émanations hydrothermales. Les panaches de manganèse, méthane et hélium, cartographiés le long des segments Famous et Amar, révèlent une activité hydrothermale très importante.

Plusieurs sites potentiels ont été identifiés à partir des données collectées au cours de Marflux/ATJ. Ces sites sont situés dans des contextes très différents les uns des autres, ce qui laisse prévoir des propriétés hydrothermales chimiques et biologiques différentes. C'est ainsi que le site Rainbow, découvert par le *Nautile* au cours du projet Amores (MAST 3), est situé sur un affleurement du manteau (échanges directs océan/manteau). Ces résultats sont du plus grand intérêt pour la métallogénie, pour la connaissance des gisements, et en tant que guides pour la prospection minière.

Plusieurs autres aspects ont été traités, certains pour la première fois, au cours du projet Marflux/ATJ : la géologie de détail grâce à l'utilisation du sonar latéral Tobi ; l'utilisation de l'hydrogène sulfuré dans l'eau de mer comme traceur proximal d'un site hydrothermal ; le caractère explosif du volcanisme par des profondeurs inférieures à 1 000 m ; les bilans de flux d'³He hydrothermal à l'échelle d'un segment ; les différents types de minéralisations et leur altération (sites Lucky Strike et Menez Guen découverts en cours de projet) ; l'étude de la faune autour de ces sites, ainsi que des larves collectées par pièges à sédiments ; la chimie et la biochimie des particules du panache collectées à partir de filtrations de grands volumes d'eau de mer.





**Projet européen Amores :
campagne Flores (6 juillet au 10 août 1996)
(flux hydrothermaux au voisinage du point
triple des Açores)**

Les capacités de *L'Atalante* ont été pleinement utilisées au cours de la campagne Flores du projet MAST 3 Amores : plongées *Nautile* en cours de journée, levés bathymétriques EM 12, hydrologie et échantillonnage d'eau de mer, dragages pendant les nuits, utilisation des laboratoires pour conditionnements et mesures sur échantillons d'eau, sulfures hydrothermaux ou roches. Deux plongées « de concert » ont été organisées avec le submersible américain *Alvin*. Ces deux plongées ont permis de diminuer le temps d'exploration du site nouvellement découvert (Rainbow), et de tester sur le terrain les problèmes techniques posés par les plongées simultanées des deux submersibles.

Au cours de la campagne Flores, un site hydrothermal très important a été découvert, le site Rainbow (profondeur 2 500 m) sur le segment Amar de la dorsale médio-atlantique, au sud-ouest des Açores. Ce site est nouveau par sa localisation sur un substratum de roches ultrabasiqes (manteau). Les processus hydrothermaux supposent une interaction directe entre l'eau de mer et les roches du manteau. Les fluides qui en résultent sont enrichis en gaz (dont hydrogène et méthane), et les dépôts sulfurés

sont particulièrement enrichis en cuivre et zinc par rapport aux autres sites connus. Des explorations ont été menées sur le segment Famous afin d'identifier la (les) source(s) d'une très forte anomalie en méthane dans la colonne d'eau, mais aucune décharge ponctuelle n'a pu être observée. Des travaux ont été réalisés sur les deux champs hydrothermaux Menez Gwen (profondeur 800 m) et Lucky Strike (profondeur 1 700 m). Une attention particulière a été portée au prélèvement des fluides chauds et diffus du vaste champ hydrothermal Lucky Strike (1 km²).

Des cartes bathymétriques d'une précision jusqu'ici inégalée ont été dressées sur chaque zone de plongées grâce à des levés EM 12 réalisées « faisceaux resserrés » et à faible vitesse (6 nœuds). Ces cartes ont été utilisées au cours des plongées.

*Fonctionnement
de l'écosystème hydrothermal*

**Projet européen MAST 3 Amores
(campagne Marvel)**

Dans le cadre du programme européen MAST 3 Amores, des biologistes de cinq pays de l'Union européenne (Belgique, France, Irlande, Portugal, Royaume-Uni) ont effectué une mission de plongée (campagne Marvel), sous la direction de l'Ifremer. Du 13 août au 13 septembre 1997, le submersible *Nautile* a été mis en œuvre à partir du N/O *L'Atalante* sur quatre zones actives dont la profondeur s'étageait entre 800 et 2 600 m. Dix-neuf plongées ont été réalisées. Cette campagne avait pour objectif la description des organismes associés aux sources hydrothermales de la ride médio-atlantique dans la région des Açores, en particulier sur le site nouvellement découvert de Rainbow (2 300 m), de leurs adaptations aux conditions écologiques extrêmes qu'ils affrontent, des modalités de leur dispersion entre sites actifs et de leur contribution aux apports organiques dans le milieu abyssal. Sur trois des sites étudiés ont été disposés sur le fond : des enregistreurs permettant d'étudier les variations temporelles des conditions écologiques, une caméra séquentielle permettant d'étudier le comportement

des organismes, et des systèmes de pompes actifs permettant de prélever les formes de dissémination et de les fixer. L'ensemble de ces dispositifs doit être récupéré au cours de la campagne Pico, prévue pour le mois de juin prochain.

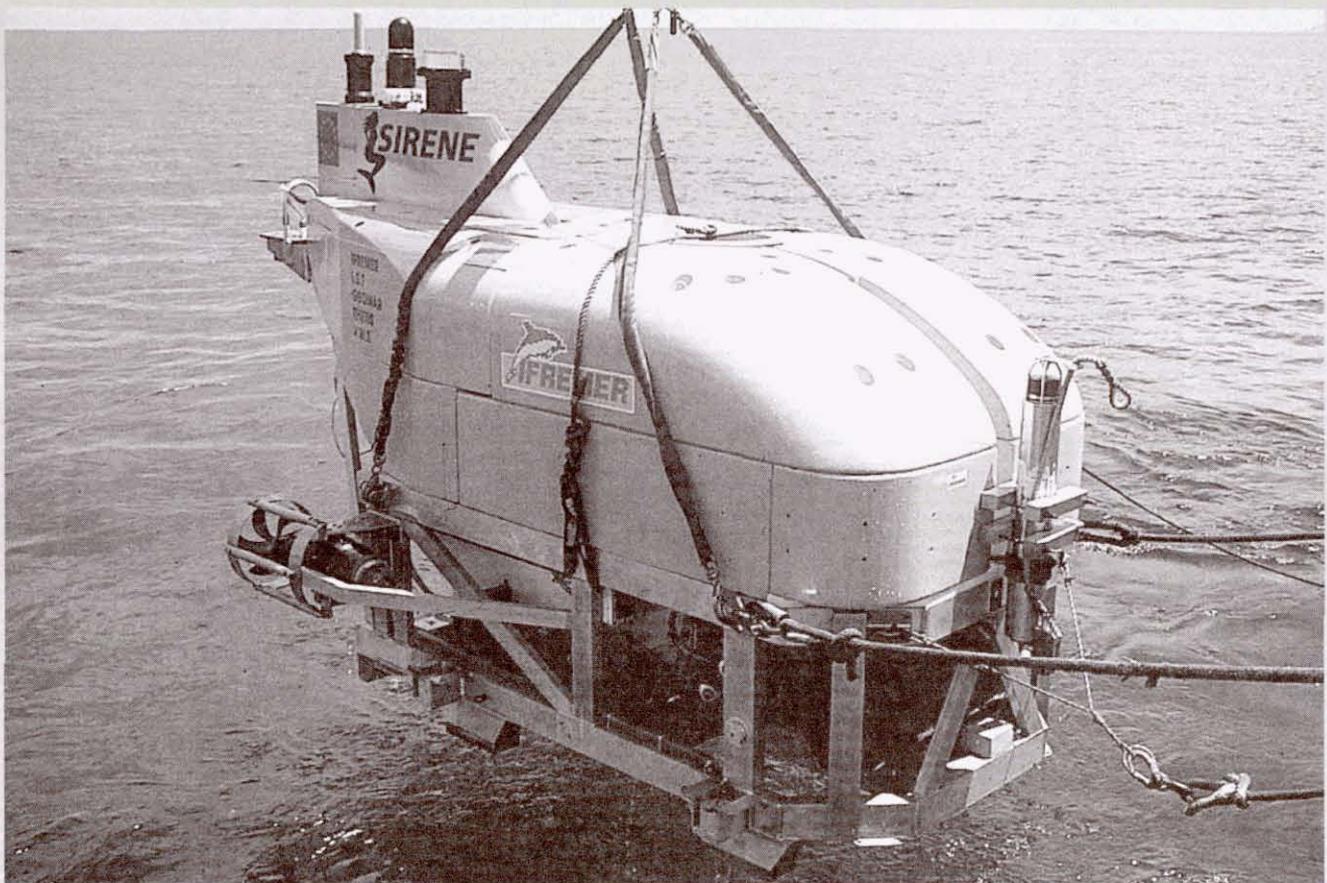
**Processus sédimentaires
et marges océaniques**

*Formation des corps sédimentaires
détritiques et genèse
des bassins océaniques*

L'étude haute résolution des corps sédimentaires récents a été poursuivie sur différents chantiers (dont Manche/mer Celtique, Méditerranée occidentale, Mer de Chine...). Les travaux actuels s'orientent vers une approche plus intégrée des systèmes sédimentaires (du proche plateau jusqu'au bassin profond, en prenant en compte les aspects hydrodynamiques, eustatiques et tectoniques...). Des collaborations sont aussi développées avec les équipes travaillant à terre sur les flux sédimentaires. Certaines des compagnies pétrolières françaises se sont montrées intéressées par des « modèles » de sédimentation à l'origine des roches réservoirs.

Les campagnes Sedifan 1 et 2 ont été réalisées avec les navires *L'Atalante* et *Nadir* dans le cadre du programme européen ENAM2 (MAST3) sur l'éventail profond celtique du golfe de Gascogne. Des images spectaculaires de l'éventail ont été obtenues, et les carottages réalisés ont permis de mettre en évidence une activité « récente » des processus gravitaires. Sur la plate-forme continentale, la synthèse cartographique des paléovallées de la Manche, qui ont alimenté la marge celtique pendant les périodes glaciaires, a été poursuivie. Ces travaux serviront à proposer des sites de forage dans le cadre de l'action pilote « Corsaires » du programme MAST 3.

La campagne Calmar de *L'Atalante* a permis de compléter la cartographie de la marge du golfe du Lion, en collaboration avec plusieurs équipes universitaires espagnoles et françaises.



Comme en mer Celtique, cette campagne a permis de mettre en évidence des phénomènes gravitaires très récents, à l'origine d'accumulations sédimentaires importantes en pied de marge. Une proposition de forages « haute résolution » sera déposée sur certains sites reconnus durant la campagne.

La cartographie géologique du plateau continental français (Pays Basque, Martinique, golfe du Lion) a été poursuivie, à partir des données acquises antérieurement. Elle donnera lieu à des publications de cartes en 1998.

L'Unité de recherches marines 17, qui associe l'Ifremer (laboratoire Environnements sédimentaires) aux universités de Lille I et Bordeaux I, a permis le séjour de nombreux étudiants, d'un maître de conférences et d'une chargée de recherches CNRS à Brest. Cette association a également permis l'accès au nouveau matériel de radiographie sur carottes de l'université de Bordeaux, et la préparation d'une campagne commune

aux trois équipes, programmée en août 1998 sur *Le Surout* (campagne « ITSAS », golfe de Gascogne).

Au plan méthodologique, de nouveaux outils d'analyse des carottes sédimentaires ont été acquis ou développés, en collaboration avec le Service hydrographique et océanographique de la Marine. Dans le cadre du programme Corsaires, un « workshop » international sur les techniques de diagraphie sur carottes a été organisé au centre de Brest de l'Ifremer, regroupant les représentants de 32 instituts ou laboratoires européens. La participation au projet « sismique très haute résolution 3D » de la DITI a été poursuivie, pour des applications de reconnaissance fine de corps sédimentaires (campagne « Rhône 3D »).

En ce qui concerne l'étude de la structure profonde des marges, la connaissance de la marge du banc de Galice a progressé, avec l'intégration des données de sismique réflexion lourde acquises dans le cadre du programme européen Joule

(projet IAM) et des données de sismique réfraction acquises par l'Ifremer en collaboration avec le SOC. Les résultats obtenus sont spectaculaires, et vont permettre d'appréhender les processus physiques de structuration et de déformation de cette marge. Le même type d'intégration de travaux de sismique réflexion et réfraction est aussi en cours sur la marge nord du golfe de Gascogne. Ce type d'approche préfigure la nature des travaux de sismique lourde qui vont être réalisés sur les marges au cours de la décennie qui vient, dans le cadre des futurs programmes « marges », en cours d'élaboration tant au plan national qu'europpéen ou international.

Fluides et hydrates de gaz

Les hydrates de gaz (glace H_2O contenant dans sa structure jusqu'à 15 % de CH_4 , H_2S , N , etc.) cristallisent dans des conditions de pression et de température rencontrées dans les 500 m superficiels de certains sédiments. Ils constituent un très fort réflecteur sismique [BSR (Bottom Simulating Reflector)].

Au cours du projet franco-japonais Kaiko-Tokai (1996), un tel réflecteur BSR a été clairement identifié sur la marge de Nankai (Japon) ; cette identification a été permise par une sismique avec enregistrement classique en surface et un enregistrement près du fond (le système Parisar). La combinaison des deux systèmes d'enregistrement permet d'obtenir des informations sur les différentes couches de sédiments concernés.

Les coefficients de réflexion semblent confirmer la présence de gaz libres sous le réflecteur BSR.

Une proposition de forage ODP élaborée par une équipe franco-japonaise a été soumise, pour forer certains sites à hydrates de gaz reconnus par sismique.

Flux et cycle de la matière organique en domaine abyssal

Interactions entre événements physiques et flux de matière à l'interface eau-sédiment

Pour comprendre les relations entre les facteurs de l'environnement abyssal et les peuplements benthiques, une stratégie d'observations multi-paramètres a été mise en œuvre depuis 1984 au moyen du MAP (module autonome pluridisciplinaire). Cet ensemble collecte pendant douze à seize mois des particules, des photos de l'interface, des mesures de courant, de température et de turbidité. Sa mise en œuvre dans différentes régions climatologiques permet de caractériser les différents types de conditions environnementales près du fond, et leurs conséquences sur le devenir de la matière organique arrivant au fond. Ainsi, en zone tempérée, on observe, au fond, le reflet de la variabilité saisonnière de la production primaire en surface : l'arrivée printanière de grosses particules, leur dégradation et leur remise en suspension à la faveur d'une perturbation hydrodynamique ont pu être suivies. En zone tropicale (programme Euméli), une variabilité à plus courte échelle a été observée malgré des apports trophiques beaucoup plus faibles.

La poursuite de chantiers dans différentes zones-types (programme européen MAST3/Bengal, en cours) permettra d'apprécier l'influence des variations latitudinales et l'effet de la profondeur.

Développement d'outils pour l'étude des fonds océaniques

Observatoires « fond de mer »

Une nouvelle génération du MAP a été développée en 1997 pour moderniser le premier système. L'amélioration mécanique consiste en un système de largage qui minimise les lests restant au fond, et une structure en résine époxy pour éviter la corrosion. Un réseau de communication entre les différents capteurs est développé dans le cadre du programme européen MAST3/Alipor. Il permet la circulation de tout type d'informations numériques (commandes, capteurs, photos, actionneurs). De plus, la centralisation des données ouvre la voie à une transmission des données à distance.

Trois projets de recherche sur financement européen (programme MAST) avaient pour objet les techniques à maîtriser pour pouvoir mettre en service des observatoires fond de mer : l'année 1997 a vu l'avancement significatif du projet Geostar 1 (Geophysical and Oceanographic Station for Abyssal Research), portant sur la liaison fond-surface au moyen de messagers perdables, et la réalisation du projet Alipor concernant le développement d'une station benthique de nouvelle génération destinée à l'étude des processus biochimiques par grand fond. Et c'est dans le cadre du programme Desibel que l'Ifremer a mené à bien l'intégration finale et les essais en mer du démonstrateur Sirene.

Cet engin libre, téléopéré par voie acoustique et doté d'une navigation intégrée, a pu positionner une maquette de station benthique par 2 000 mètres de fond avec une précision de 10 m sur le point de rendez-vous.

Caractérisation acoustique des fonds marins à l'aide de l'intensité du signal réverbéré

Ce projet inter-directions a pu bénéficier en 1997 de l'apport des données de la campagne Sédifan (projet MAST ENAM2). Notre chantier de la mer Celtique était insuffisamment documenté jusqu'à cette mission. L'éventail sédimentaire, créé par un ensemble d'avalanches, fournit par sa richesse toute une palette de faciès acoustiques. Il faut noter tout particulièrement deux ou trois faciès qui se distinguent par un niveau de réflectivité particulièrement faible. Les travaux portent sur la détermination des paramètres physiques responsables de ces caractéristiques singulières. Il semble toutefois que des lithologies légèrement différentes puissent produire le même signal (un tel cas a été découvert en mer Ligure à l'ouest de la Corse).

Pour la caractérisation des fonds par des méthodes géophysiques, le projet européen Cosmos a permis d'engager l'étude d'un sonar frontal destiné à opérer près du fond. Et dans le domaine de la sismique « très haute résolution », les principales réalisations de l'année ont été, avec le soutien du CEP&M, la démonstration de la validité du nouveau concept de source sismique « chirp », et l'achèvement de la phase maquette du projet de « flûte numérique ».

Le développement de systèmes informatiques a pris aussi une part importante dans ce programme : un travail de thèse a abouti à la mise au point d'une méthode de segmentation des images du sondeur EM 12 selon la nature des fonds. La méthode est en cours d'intégration dans le nouveau logiciel de traitement des données des sonars et sondeurs, Caraïbes. Par ailleurs, des progrès ont été faits sur le calcul des performances des sonars et des sondeurs multi-faisceaux, avec le développement du logiciel Pames, qui permet de calculer la fauchée en fonction de paramètres du sondeur et des paramètres d'environnement.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

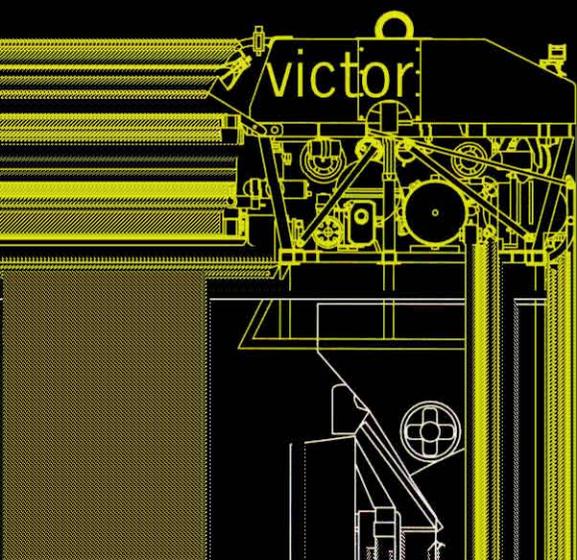
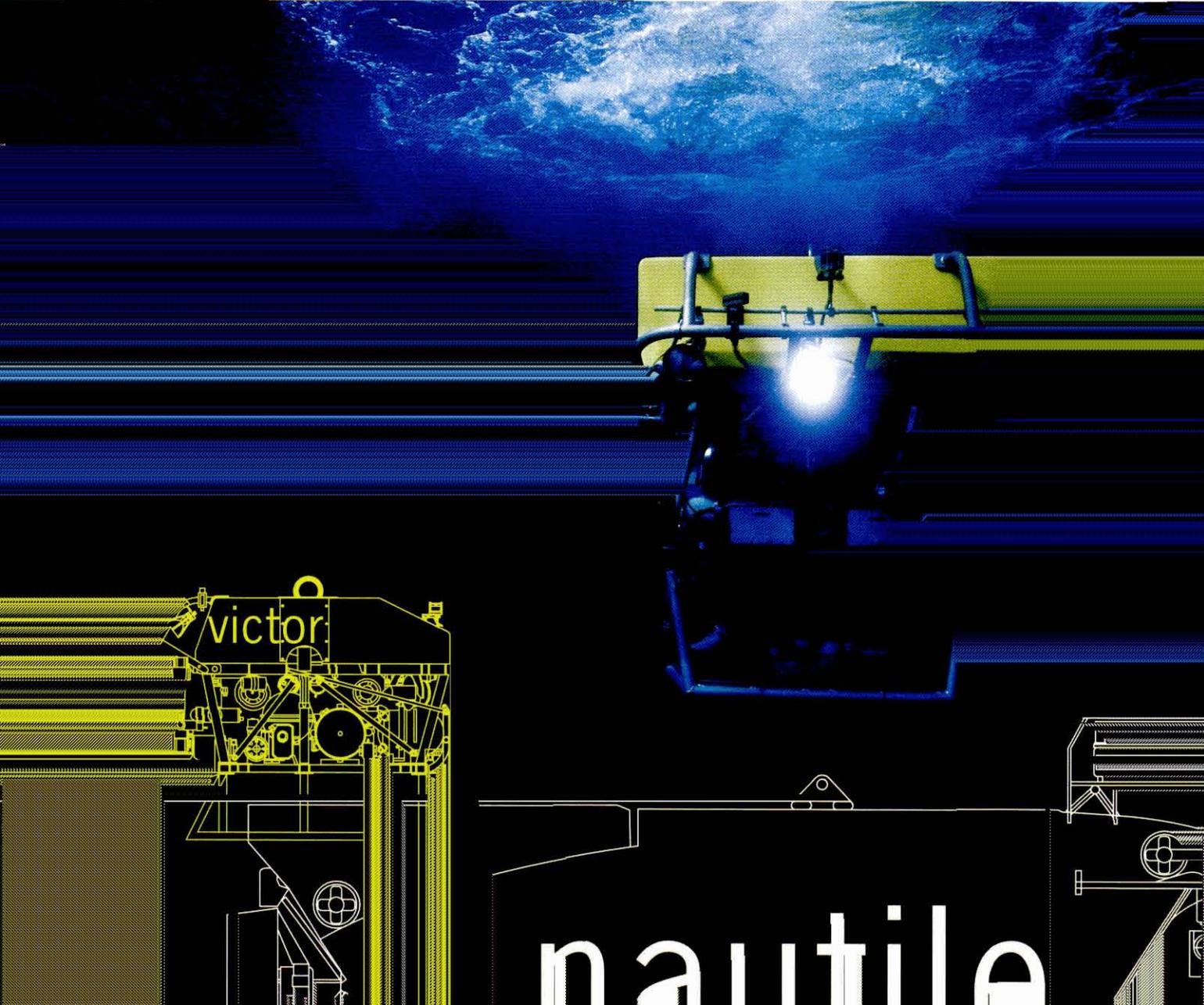
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

**Grands équipements
pour l'océanographie**

Génie océanique



nautile

Grands équipements pour l'océanographie



Navires océanographiques et équipements

Les réalisations principales de l'année 1997 ont porté sur la nouvelle *Thalassa*, tandis que la *Thalassa 1* a été cédée au district de Lorient, en vue de sa transformation en musée, après 38 années de service. Au cours de l'arrêt technique de garantie (juin), un certain nombre de mises au point ont été faites, et le navire a conduit avec succès ses deux premières campagnes scientifiques pour le compte de l'Institut espagnol d'océanographie (IEO) : l'une en halieutique (mars), et l'autre en océanographie physique (septembre). De plus, il a été utilisé, pour les essais en Méditerranée, comme support du nouveau ROV *Victor 6 000* (décembre).

En vue de la modernisation prochaine du *Suroit*, un sondeur multifaisceaux moyenne profondeur, de type Simrad EM 300, a été commandé. D'une manière générale, le renouvellement des équipements des navires océanographiques s'est poursuivi au même rythme que les années précédentes, en portant une attention particulière au développement des systèmes informatiques. Ainsi, un important réseau multiservices a été installé à bord de la *Thalassa*, et la version temps réel du nouveau logiciel Caraïbes de traitement des données des sondeurs et sonars a bien fonctionné au cours de ses premiers essais à la mer sur

L'Atalante. Cette action est l'aboutissement de la refonte de l'ensemble des logiciels de cartographie sous-marine démarrée en 1995. La version post-traitement des données du logiciel Caraïbes sera installée à bord des navires et dans douze laboratoires en 1998. Enfin, pour préparer l'avenir, les premières études du NEP (navire d'exploration profonde) ont été lancées, accompagnées de la rédaction d'un dossier de conviction scientifique.

Véhicules et moyens d'intervention sous-marine

Le *Nautille*, sous-marin habité dans la force de l'âge (quinze ans d'opérations en 2 000) et clé décisive de découvertes remarquables, va voir une grande partie de ses équipements de base renouvelés, en mettant particulièrement l'accent sur ceux qui sont menacés d'obsolescence ou de difficultés d'approvisionnement. Une nouvelle version de sa motorisation principale a été étudiée et mise au point en atelier et en bassin en vue de préparer une mise en service en 1998. Des recherches de solutions alternatives à la connectique existante ont été menées, en élargissant les sources possibles d'approvisionnement.

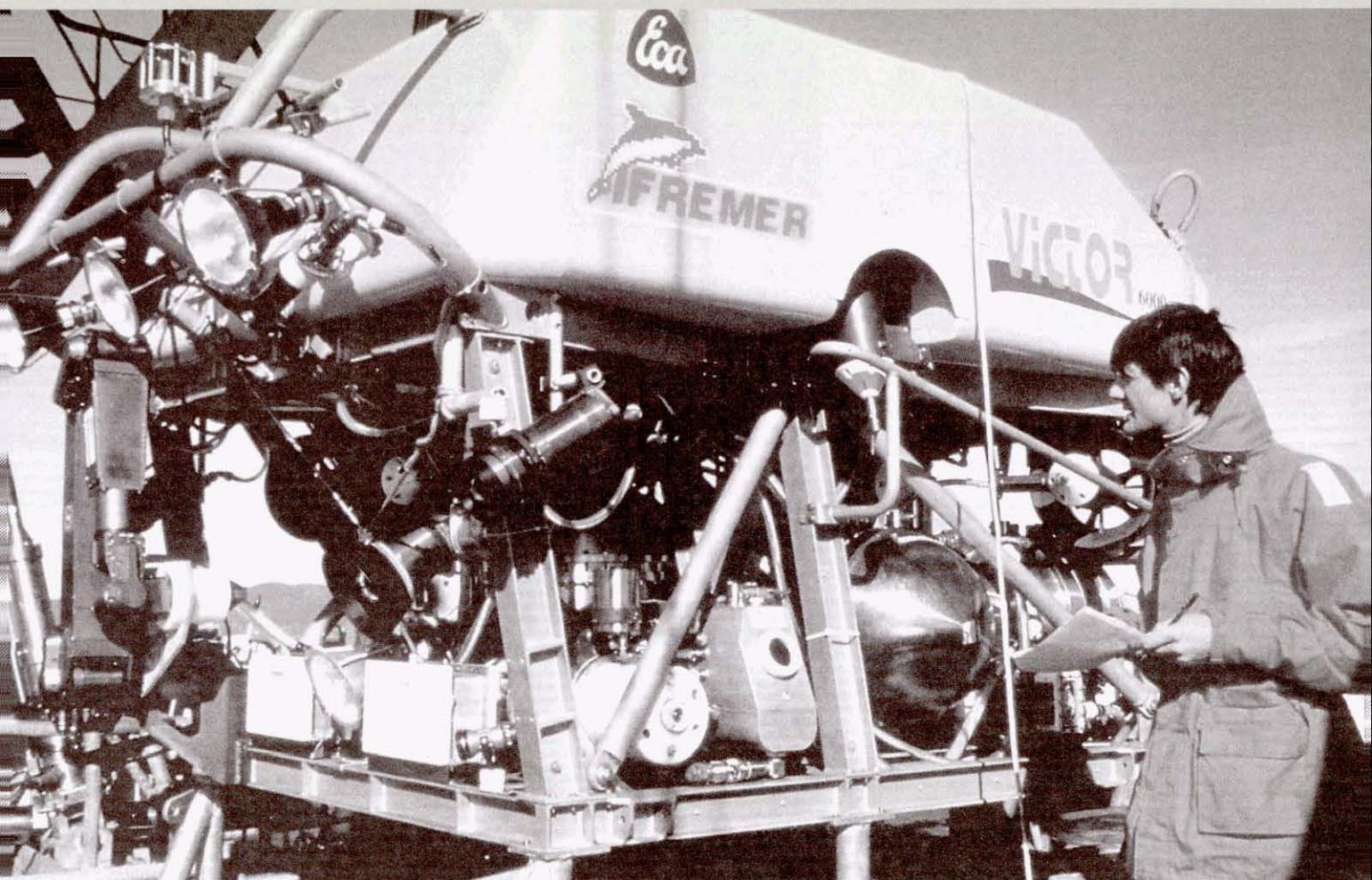
Le *Victor 6 000*, système téléopéré à fort potentiel pour usage scientifique, a vu l'aboutissement de sa réalisation (intégration mécanique et électrique du véhicule

réalisée par la société ECA). Les premiers essais, qui ont eu lieu fin 1997, ont permis de tester le système sur le N/O *Thalassa* jusqu'à une profondeur de 3 600 mètres en Méditerranée. Le système a fait preuve, au cours de ses premières plongées, d'un comportement sain et prometteur.

L'informatique embarquée à bord du *Victor 6 000* a fait l'objet de soins particuliers : composé de deux calculateurs temps réel, l'un au fond, l'autre en surface, et de trois stations de travail respectivement dédiées au pilote, au navigateur et à l'observateur scientifique, ce système a pour ambition d'offrir à ces intervenants la meilleure perception de l'engin dans son environnement sous-marin, ceci afin d'en faciliter le pilotage à partir du navire de surface et de garantir la meilleure collecte de données possible.

Le transport par le véhicule *Victor* d'une station abyssale de mesure et d'observation a été effectué avec succès dès le premier essai, ce qui a mis en évidence non seulement les performances du télémanipulateur assisté par ordinateur *Maestro*, mais également la bonne préparation des procédures d'intervention.

Le module de prélèvement de base (outillage spécialisé pour tous types de prélèvements et mesures associées) a été étudié et a connu un début de réalisation.



La base ultra-courte Posidonia a été mise en œuvre sur le *Victor 6 000*. Elle a aussi été testée avec succès sur le système acoustique remorqué (SAR). Dans le cas du SAR, qui est remorqué sur de longues distances, la base ultra-courte a l'avantage sur la base longue de ne pas recourir à un champ de balises mouillées sur le fond. Même si la précision du positionnement obtenu est plus faible, l'avantage obtenu au plan opérationnel est souvent décisif.

Moyens informatiques, réseau de télécommunications

En raison des multiples implantations de l'Institut, qui impliquent des connexions par le réseau à tous les niveaux, ce programme s'inscrit dans la continuité et vise à garantir la cohérence et l'interopérabilité d'infrastructures informatiques très importantes.

Les principales réalisations 1997 concernent l'introduction de la commutation dans

les réseaux locaux des principaux centres pour faire face à la demande croissante de bande passante des machines les plus puissantes. Une étude de définition de la nouvelle architecture du réseau d'interconnexion des différentes implantations Ifremer a été réalisée. Elle tient compte de l'évolution technologique et de la concurrence chez les opérateurs. Dans le cadre du renouvellement régulier des moyens, deux actions importantes ont été engagées : le remplacement du serveur de calcul utilisé pour la modélisation de l'océan, et l'extension du serveur de fichiers utilisé pour l'archivage et la sauvegarde des données de l'Institut.

Aux moyens informatiques généraux s'ajoutent les moyens de simulation pour les navires et les engins sous-marins. Ces plates-formes informatiques servent à la bonne préparation des campagnes à la mer et à la formation des personnels embarqués. Leur mise en place s'est poursuivie, en mettant l'accent sur les navires *L'Atalante* et *Thalassa* et sur l'engin ROV *Victor 6000*.

Systemes d'information pour l'océanographie

Les catalogues et les bases de données du centre de données de l'Ifremer ont été régulièrement tenus à jour. Une extension aux données d'environnement profond a été engagée avec la réalisation d'une première version d'un système de gestion des prélèvements biologiques benthiques.

Un atlas hydrologique de la Méditerranée, publié sur CD-rom, a été réalisé. Il achève le projet Medatlas, constitué dans le cadre du programme MAST. Cette expérience réussie a renforcé l'image du centre de données de l'Ifremer, dont la collaboration a été recherchée dans plusieurs projets européens déposés en 1997. Enfin la stratégie de gestion de données a été précisée.

Modélisation
des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance
de la mer côtière

Gestion durable
des ressources halieutiques

Optimisation et développement
des productions aquacoles

Transformation, valorisation
et qualité des produits de la mer

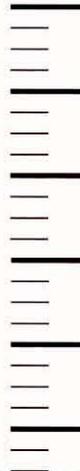
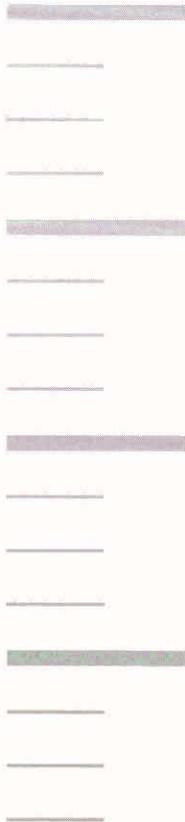
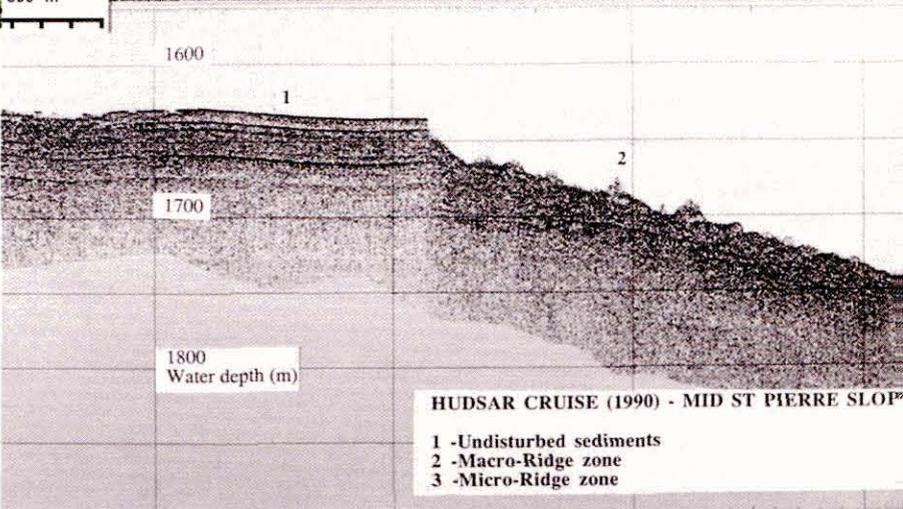
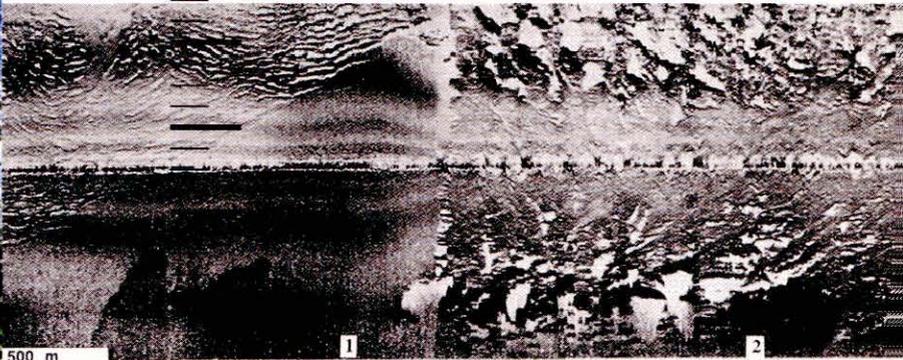
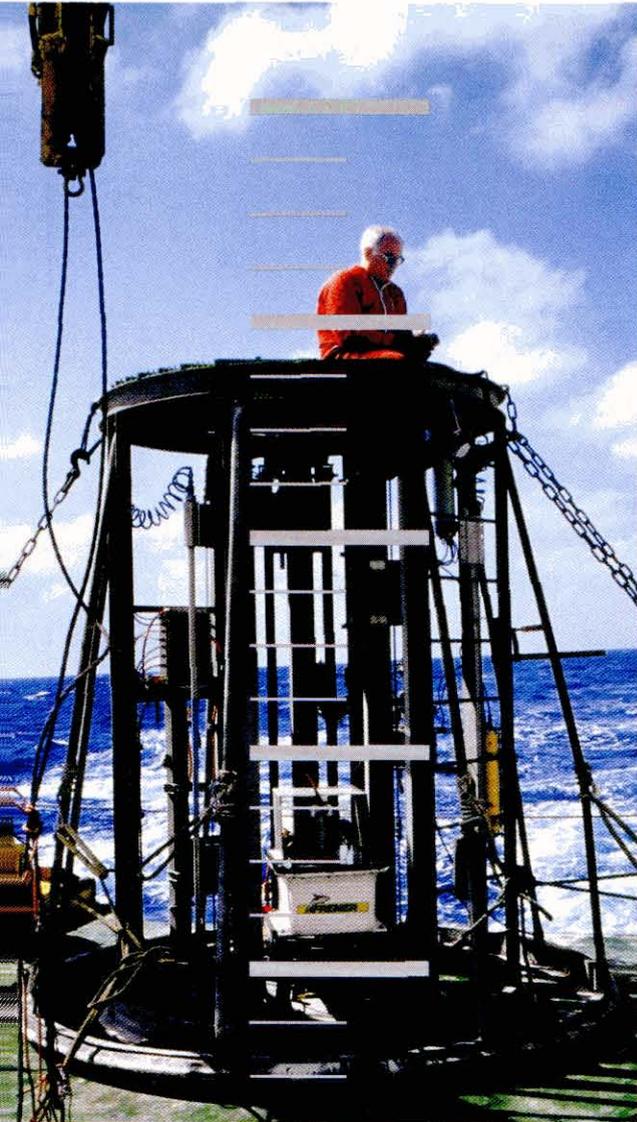
Mise en valeur
de la mer côtière et économie
des ressources marines

Compréhension
de la circulation océanique

Connaissance et exploration
des fonds océaniques

Grands équipements
pour l'océanographie

Génie océanique



Génie océanique

Moyens d'essais et de qualification

À Brest, la priorité 1997 a été donnée aux équipements destinés aux essais hydrodynamiques, notamment pour l'étude du comportement de plates-formes offshore. Des améliorations ont été apportées sur les aires de service entourant le bassin en eau profonde, de manière à favoriser les prestations demandées par des tiers.

Les moyens d'essais, de métrologie et de qualification ont aussi fait l'objet d'une attention particulière : les caissons de simulation hyperbare ont été très utilisés en 1997 pour différents projets, tels que l'amélioration de la connectique des engins. Et le laboratoire de métrologie s'est doté d'équipements permettant l'étalonnage de capteurs nouveaux, comme ceux des bouées du système de mesures automatisées Marel.

Sur l'atelier de téléopération situé à Toulon, un appareillage toolskid a été installé pour la conduite du programme européen EDICS d'essais en bassin de techniques robotisées d'inspection d'ouvrages offshore. Cet équipement est complémentaire des installations de Brest (bassin profond), principalement utilisées cette année pour ce programme.

Développements technologiques amont

Sur le thème de la navigation et de l'ergonomie des véhicules sous-marins, cette année a vu la mise en place d'une structure de mesures des bruits environnant les systèmes acoustiques (moyens d'essais en bassin, analyse de la propagation acoustique en milieu confiné, méthodes de traitement du signal pour le filtrage). Un logiciel d'aide à la navigation des engins sous-marins a été mis au point : il permet la simulation graphique 3D en temps réel du comportement du véhicule (cap et position) dans son environnement.

Des résultats significatifs ont été obtenus par l'URM 12, « comportement mécanique des matériaux et structures en

composites », sur l'approche par modèles numériques et sur les lois de comportement en eau de mer.

Dans le contexte du programme sur les biosalissures, soutenu par la communauté européenne, l'étude des mécanismes d'adhésion du film primaire a permis d'identifier les modifications des paramètres physico-chimiques de surface qui interviennent dans les premiers temps d'immersion, qui sont déterminants pour l'ensemble du processus.

Contribution à l'offshore pétrolier

L'évolution actuelle de l'offshore pétrolier est marquée par le développement de champs profonds (1 500 m d'eau) et les perspectives pour le plus profond (3 000 m), qui rendent nécessaires des innovations technologiques. Toutefois, la prolongation de la durée de vie des ouvrages existants, pour l'exploitation des champs conventionnels dans des conditions d'environnement parfois très sévères, reste une préoccupation de la profession. Dans ce contexte, les actions de recherche-développement entreprises de longue date par l'Ifremer concernent la connaissance de l'environnement et de ses actions sur les installations en mer, actuelles ou futures, flottantes ou fixées sur le fond : analyse de données océano-météorologiques, reconnaissance géotechnique, comportement hydrodynamique de nouveaux concepts de structures, emploi de matériaux nouveaux et étude des moyens de protection associés.

Des résultats significatifs ont été obtenus en 1997 sur l'utilisation des mesures satellitaires pour la connaissance des conditions de houle nécessaire au calcul des ouvrages et au routage de convois exceptionnels sur de longues distances. Une réflexion a été par ailleurs engagée sur la connaissance des courants profonds et son incidence sur les structures immergées, notamment dans le golfe de Guinée, où les compagnies pétrolières (Elf-E.P.) ont fait des découvertes récentes.

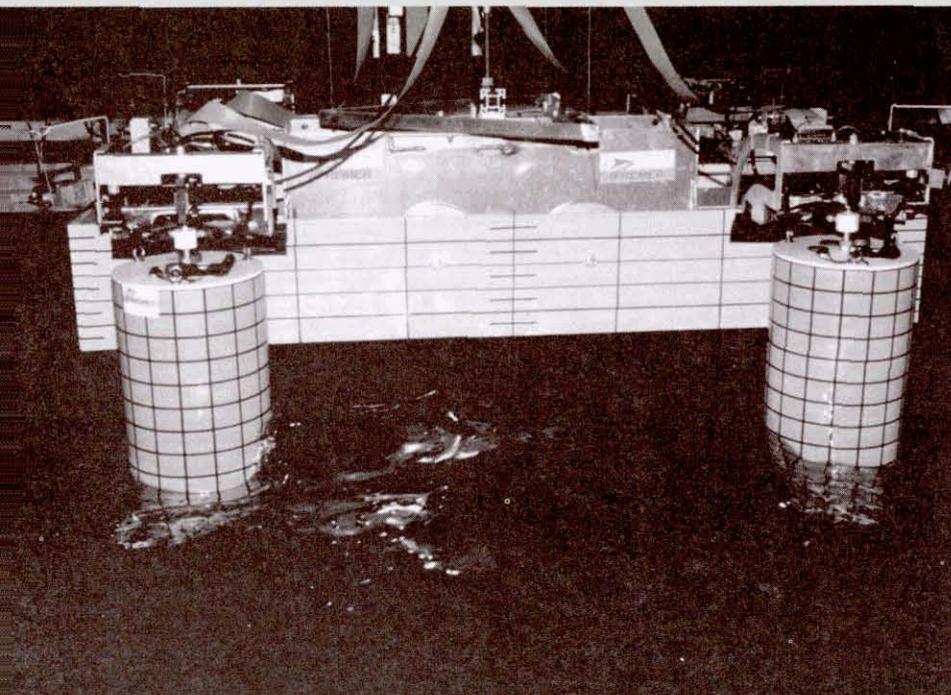
En géotechnique marine, des progrès relatifs à la connaissance des propriétés

des sols ont été faits, aussi bien pour les ancrages de forte capacité que pour les fondations d'ouvrages ou l'ensouillage de conduites sous-marines. La sismique très haute résolution a par ailleurs été utilisée pour développer de nouveaux outils (source, récepteur, algorithme de traitement) susceptibles d'améliorer les techniques de reconnaissance des sites.

Pour l'étude de nouveaux concepts en relation avec l'offshore profond, comme la « semi submersible assemblée sur site » ou la dynamique des lignes d'ancrage, la contribution de l'Ifremer s'est concrétisée par des études hydrodynamiques utilisant des outils numériques et des essais dans le bassin profond de Brest, complémentaire des autres bassins d'essais qui existent en France.

Grâce aux moyens d'essais et de qualification dont il dispose, l'Ifremer a travaillé cette année sur le comportement en mer de matériaux aux propriétés mécaniques élevées qui ouvrent de nouvelles perspectives pour l'offshore : aciers à haute limite d'élasticité (tenue à la corrosion), et câbles en polyester (essais *in situ* dans le golfe de Guinée) pour l'ancrage des structures flottantes par très grandes profondeurs. Dans le même esprit, par extension aux besoins du domaine côtier, des études ont été menées sur les méthodes de détection de la corrosion des ouvrages portuaires métalliques en présence de bactéries sulfato-réductrices.

Le contrôle de l'intégrité structurelle des installations en mer se fait à partir de campagnes d'inspection à l'aide de ROV. L'Ifremer a fourni dans ce domaine ses compétences en télémanipulation assistée par ordinateur, en contribuant dans un contexte international à des essais d'évaluation des performances des équipements et des outils utilisés dans la pratique (programme européen EDICS). Par ailleurs, des études théoriques sur l'approche fiabiliste de la sécurité des ouvrages ont apporté des éléments d'aide à la décision pour les autorités de certification confrontées au problème de la « requalification » d'ouvrages existants, dont il



est nécessaire de prolonger la durée de vie. Enfin, en assurant une participation aux groupes ISO pour la nouvelle réglementation internationale au sujet des ouvrages pétroliers offshore, l'institut a contribué, avec d'autres partenaires, à ce qu'un point de vue français soit pris en compte dans cette importante réflexion.

Ces différentes actions, cohérentes entre elles, ont été systématiquement entreprises en collaboration avec les partenaires français du secteur pétrolier et parapétrolier : ElfEP, Total, Institut français du pétrole, Doris, B.O.S., E.T.P.M., TPG, Bureau Veritas, Cybernetix, Principia, Sirehna... Elles ont bénéficié du soutien du Comité d'études pétrolières et marines (CEP&M) et de la Commission européenne (DGXII et DG XVII). Le Clarom, animé conjointement par l'IFP et l'Ifremer, est une organisation favorable à de telles collaborations.

Études de sites et reconnaissance géotechnique

Les objectifs du programme portent sur des développements méthodologiques et technologiques adaptés à l'étude des sites, notamment sur le plan de la reconnaissance géotechnique. L'effort entrepris depuis plusieurs années

dans le domaine des mesures géotechniques *in situ* a été poursuivi dans le cadre des études sur la caractérisation géoacoustique des fonds (programme commun DITI-DRO). Des études de faisabilité ont été conduites pour développer et adapter de nouveaux capteurs sur le module géotechnique : sonde de mesures de vitesse des ondes P et atténuation, en collaboration - et cofinancement - avec l'EPSHOM, et sondeur de sédiment à ultra haute résolution (2 cm sur 2 m de pénétration). Les travaux réalisés en 1997 ont conduit à la rédaction des cahiers des charges pour ces deux systèmes, préparant leur développement techno-logique courant 1998 en visant une première utilisation dans le cadre de campagne technique Carnac en 1999.

Le module géotechnique assure une pénétration de 2 mètres dans le sédiment, permettant ainsi de mener à bien des études fines de l'interface et de la subsurface. Mais il ne permet pas d'effectuer des études de sites nécessitant une mesure en profondeur compatible avec les données géophysiques ou avec les besoins de calage stratigraphique ou géotechnique. Ce besoin est particulièrement important pour les études de stabilité de pentes, où l'étude

des mécanismes à la rupture repose sur une bonne connaissance des lois de comportement mécanique des sols dans la tranche concernée par les glissements superficiels fréquemment rencontrés sur les marges océaniques. C'est pourquoi nous avons lancé le projet de développement d'un pénétromètre qui devrait nous permettre de franchir une nouvelle étape : réaliser des mesures géotechniques *in situ* à 30 mètres de profondeur dans le sédiment. Cet outil permettra, dans un premier temps, de fournir des paramètres concernant les propriétés physiques (résistance de pointe et pression interstitielle induite et gammadensité) des sédiments fins de la pente continentale et des bassins profonds. D'autres capteurs pourront venir s'ajouter à la panoplie de mesures. Ce projet, conduit en collaboration DITI-DRO, est fondé sur le savoir-faire acquis pour le développement et la mise en œuvre du module géotechnique existant, dont il réutilisera une partie des composants (sonde de mesures, système d'acquisition, télé-transmission...). Le cahier des charges a été finalisé en 1997, et divers partenaires ont été consultés. La réalisation de cet outil devrait démarrer en 1998, en partenariat avec la société Géocéan. Il sera utilisé, entre autres, dans le cadre de programmes visant à l'étude des processus gravitaires en offshore profond.

À la suite de contacts établis à l'issue de l'opération Guinness (en partenariat avec Elf), et compte tenu des développements possibles dans le domaine de l'étude de la stabilité des pentes sous-marines appliquées à l'offshore pétrolier profond, le Norwegian Geotechnical Institute et l'Ifremer ont conduit, en coopération bilatérale et avec un soutien financier de Elf-Norge, un Joint International Project (JIP) intitulé « Deep Water Slopes ». Il s'agit d'une étude papier dont le rapport en cours de finition vise à établir l'état de l'art sur les connaissances et les moyens d'étude des conditions de site appliqués au cas de la pente continentale du golfe de Guinée. Cette étude tient compte des spécificités géologiques et géotechniques du domaine marin profond, et s'attache à proposer, à partir d'un cas d'étude issu du projet Guinness,

une méthodologie ainsi que des recommandations pour les études futures dans le domaine de l'offshore pétrolier profond (moyens de reconnaissance et d'évaluation des risques d'instabilités sédimentaires).

Processus gravitaires et stabilité de pentes

Certains glissements identifiés sur la marge gabonaise (données Guinness), dont l'origine est difficilement explicable dans un tel contexte de marge passive, paraissent directement liés à des zones de sortie de fluides (suintements froids). Dans d'autres cas, comme sur la marge de Nankai (données Kaiko-Tokai), c'est toute la couverture sédimentaire qui glisse au-dessus de BSR (Bottom Simulating Reflector, ou limite inférieure de stabilité des hydrates de gaz). Ces glissements trouvent leur origine dans le comportement mécanique des sédiments, sous l'effet de processus de migration de fluides (gaz libres parfois en relation avec les hydrates de gaz), qui engendrent des déséquilibres de pression interstitielle.

Simulation numérique des écoulements gravitaires

Dans le cadre des travaux de simulation numérique des écoulements gravitaires (post-doc en collaboration avec le CEA), ont été réalisés les premiers tests sur le cas de la catastrophe de Nice (1979). Ce nouvel apport devrait permettre, à plus long terme, une application à d'autres chantiers.

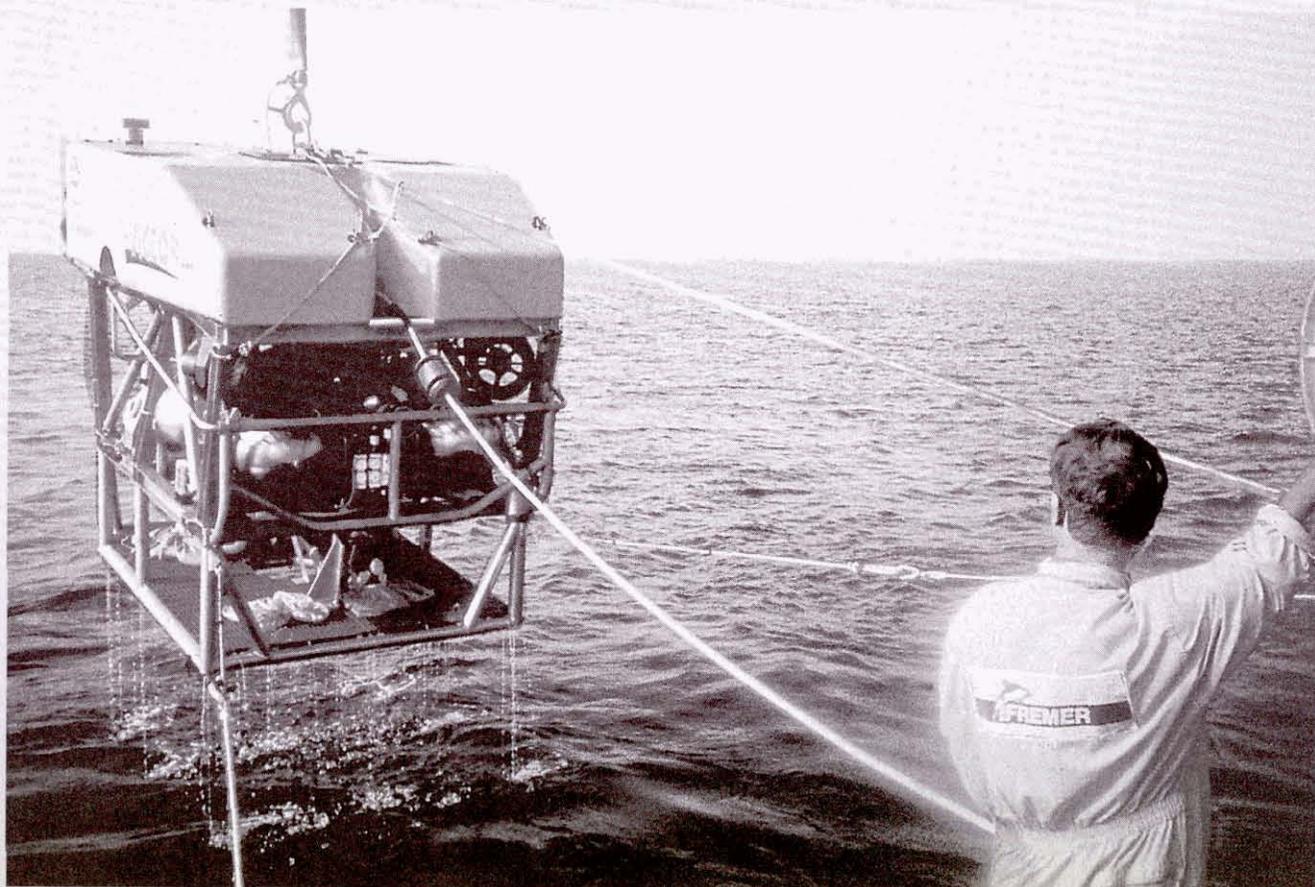
Le projet Zaiango

Les études des systèmes turbiditiques se sont intensifiées (golfe de Guinée, Var, Est-Corse), et intéressent fortement l'industrie pétrolière pour leur application au développement de modèles de réservoirs d'hydrocarbures. C'est ainsi que l'année 1997 aura été l'occasion du redémarrage de la collaboration avec Elf Exploration Production. Le pétrole profond devient une réalité, avec les découvertes récemment faites dans les environnements sédimentaires profonds, nouveaux pour les compagnies pétrolières. Il devient urgent de mieux connaître l'ensemble des processus géologiques sur

les marges océaniques. Ainsi l'opération Zaiango a été montée en partenariat Elf-Ifremer; elle comporte les quatre objectifs suivants :

- établir un modèle de dépôt turbiditique pour les systèmes méandriques de type Zaire ;
- étudier le contexte géodynamique et la structure de la marge Angola-Congo ;
- caractériser les zones à hydrates de gaz et en étudier la répartition ;
- évaluer les risques d'instabilité de pente dans les permis Elf, et plus largement sur ce type de pente.

Il s'agit d'un projet majeur pour la communauté des géosciences marines travaillant sur les marges, et surtout sur la sédimentation récente et les processus sédimentaires, qui devrait démarrer par une première campagne à la mer, en 1998.



L'activité de la flotte en 1997

La flotte Ifremer est constituée de deux catégories de navires : la flotte hauturière, qui comprend *L'Atalante*, la *Thalassa*, le *Nadir* et *Le Suroît*. Ses moyens sont programmés après évaluation des demandes par le Comité scientifique de l'Ifremer et ses commissions thématiques ; la flotte côtière, qui comprend *L'Europe*, le *Gwen Drez* et la *Thalia*, navires qui sont programmés après évaluation des demandes par les comités inter-régionaux (CIRMAT pour la Manche et l'Atlantique et CIRMED pour la Méditerranée), gérés par l'INSU.

Le programme 1997 de la flotte hauturière a comporté 1 051 jours de mer pour 853 jours de campagne.

L'Atalante, au début de l'année 1997, opérait dans le Pacifique. En janvier, il a réalisé un affrètement Cyabish avec la soucoupe *Cyana*, puis la campagne Foundation Hotline sur l'étude des points chauds près de l'île de Pâques. Cette mission a été suivie par une autre campagne de géologie Chile Triple Junction (CTJ), le long des côtes du Chili. Puis la campagne Mai-Mai devait être conduite le long des côtes de la Colombie, avant le canal de Panama. Elle a été annulée, ce qui a nécessité un retour jusqu'en métropole pour effectuer la campagne de cartographie de la zone économique autour de nos côtes : ZEE Gascogne, qui a été suivie par une autre campagne de cartographie des éventails profonds (Sedifan 1). En juin, *L'Atalante* a embarqué le *Nautile* pour réaliser, après une courte campagne d'essais, deux campagnes de plongées sur la dorsale médio-atlantique, à proximité des Açores, dans le cadre d'un projet européen (Flores pour la géologie et Marvel pour la biologie). Après avoir débarqué le *Nautile* à Brest, *L'Atalante* aurait dû entreprendre la campagne Bengal au sud du Pays de Galles, dans le cadre d'un projet financé par l'Union européenne. Suite aux mouvements

sociaux de Genavir, cette campagne a été annulée. À sa reprise d'activité, *L'Atalante* a entrepris la campagne Calmar de cartographie dans le golfe du Lion, puis la campagne Almofront d'océanographie physique en mer d'Alboran.

Le *Nadir*, qui est un navire porte-engins, a réalisé avec l'équipement de sismique multitraces, en début d'année, une campagne sur la séismicité en Grèce (Séisgrèce), une autre sur les accumulations sédimentaires en mer Noire (Blacksis), puis une courte campagne en relation avec des équipements installés sur le Vésuve, avant d'entreprendre une campagne sur l'étude de la ride méditerranéenne au sud de la Crète (Archimède).

En juin, la *Cyana* ayant remplacé la sismique multitraces, le *Nadir*, après une courte campagne d'essais, a entrepris la campagne Cyclice en mer Ligure. Après un bref désarmement, c'est avec le SAR et la sismique que le *Nadir* est parti de Toulon pour l'Atlantique où, après une campagne d'essais, il a réalisé deux campagnes : Sarridge sur la dorsale médio-atlantique, puis la deuxième partie de la campagne Sedifan commencée sur *L'Atalante*, afin d'imager les éventails profonds au large du golfe de Gascogne.

Enfin, le *Nadir*, équipé du *Nautile*, s'est rendu au large du Brésil pour une campagne de mise à l'eau des flotteurs Marvor, puis pour une campagne de plongée autour des îlots de Saint-Paul.

Le *Suroît* a commencé l'année par une campagne des atmosphériques Catch sur la formation des dépressions au sud du Labrador.

Après un arrêt, *Le Suroît* en Méditerranée a servi de plateforme pour la mise au point de l'engin Sirène, développé dans le cadre d'un projet européen, puis il a entrepris la campagne d'océano-

graphie physique Elisa. La campagne Cyatox, prévue en fin d'année, a été annulée suite aux mouvements sociaux déjà évoqués de Genavir.

1997 a été la première année d'activité pleine de la *Thalassa*. En début d'année, elle a entrepris des campagnes d'essais, dont une au large du Sénégal. Au retour, elle a continué par une série de campagnes d'halieutique: IBTS de chalutage de fond, campagne réalisée dans le cadre du CIEM, puis Pelacus pour l'IEO. Après un bref arrêt, la campagne Pegase a porté sur les petits pélagiques du golfe de Gascogne. En été, la *Thalassa* a effectué deux campagnes d'océanographie physique : Cambios et Arcane, en liaison avec le SHOM en Atlantique Nord-Est, puis une nouvelle campagne pour le compte de l'IEO, Canigo. Chaque année, la *Thalassa* assure en effet deux campagnes pour le compte de l'IEO, pour respecter les termes du contrat de financement franco-espagnol conclu lors de sa construction. La *Thalassa* est ensuite repartie en mer du Nord pour réaliser, dans le cadre du CIEM, la campagne Evhoe d'évaluation des ressources halieutiques. Enfin, la *Thalassa* a servi de plateforme en Méditerranée pour les essais du ROV Victor 6 000.

Pour les navires de façade, *L'Europe* a commencé par une campagne halieutique en Érythrée puis, de retour en Méditerranée occidentale, il a entrepris des campagnes d'halieutique ainsi que des campagnes d'études de l'environnement côtier.

Le *Gwen Drez*, en Manche et dans le golfe de Gascogne, a réalisé essentiellement des campagnes d'halieutique et d'essais d'engins de pêche.

La *Thalia*, en Manche et dans le golfe de Gascogne, a réalisé essentiellement des campagnes d'études de l'environnement côtier.

Coopération internationale

L'union européenne

L'année 1997 a vu la poursuite de l'exécution du quatrième programme-cadre de recherche et développement technologique (PCRD) et la préparation du cinquième qui devrait couvrir une nouvelle période de quatre ans, probablement à compter de 1999. Les programmes spécifiques FAIR (pêche et aquaculture), MAST (science et technologie marine) et Environnement et Climat (environnement côtier et changement global) ont permis aux différentes directions opérationnelles de maintenir la présence de l'Ifremer dans les actions de recherche financées par l'union européenne en participant aux réponses faites aux appels à propositions lancés à l'échelle communautaire.

La préparation du cinquième PCRD, dont la structure serait profondément modifiée et les thèmes renouvelés, a fortement mobilisé l'Ifremer, à l'instar des autres organismes de recherche français. À l'initiative des ministères de tutelle, des chercheurs et des experts de l'Ifremer ont apporté leur contribution aux réflexions et travaux menés par la commission européenne pour définir les thèmes et les contenus du futur programme-cadre. L'action de l'Ifremer s'est également développée auprès de différentes instances d'expression d'intérêt, notamment la fondation européenne de la science (ESF) et le forum des industries maritimes.

Les relations bilatérales en Europe

Comme en 1996, l'Ifremer a poursuivi ses coopérations avec l'Espagne, le Portugal, l'Italie et la Grèce.

Une mention spéciale doit être faite du renforcement de la coopération franco-espagnole dans les domaines de l'environnement et des ressources vivantes. Le navire de recherche halieutique franco-espagnol *Thalassa* constitue désormais un apport technologique certain au service de cette coopération. En témoigne la qualité des campagnes à la mer entreprises avec ce navire, notamment *Pelacus* et *Canigo*. Le secteur des ressources vivantes constitue l'un des axes majeurs

de la coopération (halieutique, aquaculture, valorisation des produits, économie des pêches). Vingt neuf projets ont été soutenus par Bruxelles.

Enfin, l'Ifremer a poursuivi activement, notamment en Méditerranée (rive nord, rive sud), le renforcement de réseaux de laboratoires, le développement de pôles thématiques de recherche et la gestion d'outils en commun.

En liaison avec l'université de Montpellier, l'Ifremer a organisé le deuxième symposium mer Baltique - mer Méditerranée sur les écosystèmes marins côtiers (organisation, fonctionnement, interrelations et aménagement). Les pays riverains de la Baltique y ont participé (10-13 novembre 1997)

Europe centrale et orientale

Dans cette région, l'Ifremer vient en appui d'une politique globale d'aide aux pays de l'Est, pilotée par le ministère des Affaires Étrangères, en liaison avec le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie.

Les échanges avec la Russie ont porté en priorité sur la technologie marine (engins sous-marins, robotique et acoustique sous-marine), l'environnement (réseaux de mesures automatisées, métrologie) et les ressources vivantes. À noter un effort particulier pour accueillir en France des chercheurs russes pour des séjours de courte et moyenne durée.

L'autre priorité concerne la Pologne (ressources vivantes, environnement, instrumentation) et la Roumanie (géosciences marines : sédimentologie).

Les coopérations développées avec la Croatie (ressources vivantes, environnement littoral, aquaculture) débouchent sur un intérêt commercial des ostréiculteurs de l'étang de Thau pour les stocks d'huître plate et du naissain de la baie de Mali-Ston, près de Dubrovnik.

Enfin, en 1997, une reprise de contact a eu lieu en Ukraine avec les scientifiques

de l'IBSS (Institut de Biologie des mers du sud de Sébastopol) et de Kertch (aquaculture, pêche).

L'ensemble de nos actions en Europe centrale et orientale a aussi pour but d'aider les scientifiques de ces pays à bâtir des programmes à trois ou quatre pays, avec le concours de financements de l'Union européenne.

Japon

À la suite du comité consultatif franco-japonais (Paris, 22 janvier 1997), la 16^e réunion du comité mixte franco-japonais en océanologie s'est tenue en octobre 1997, à Arcachon. L'étude de l'effet combiné des hautes pressions et des hautes températures sur la croissance de micro-organismes des grands fonds a constitué un des thèmes importants de travail en commun. Un chercheur de l'Ifremer a passé le mois de novembre au Japon pour y conduire des travaux sur l'effet de la pression hydrostatique sur la croissance de deux micro-organismes hyperthermophiles. De tels travaux supposent l'emploi de fermenteurs capables de fonctionner à des températures et des pressions très élevées, stables et contrôlées pendant toute la durée de la croissance. Le Japon, qui a développé au cours des cinq dernières années un important programme de microbiologie abyssale, est le seul pays disposant d'un tel équipement. Il est implanté dans les locaux du Jamstec (Japanese Marine Science and Technology Center). L'utilisation de cet équipement a permis d'établir que la souche AL 585 était non seulement hyperthermophile mais barophile, contrairement au témoin d'origine littorale. La recherche de caractéristiques moléculaires liées à cette particularité est maintenant en cours, et pourrait conduire au développement d'un second volet de ce programme dans la coopération entre l'Ifremer et le Jamstec.

Canada

Dans le cadre de la coopération franco-canadienne conclue en novembre 1990 entre le ministère fédéral canadien des Pêches et des Océans (MPO) et l'Ifremer, le comité mixte s'est réuni en septembre 1997 au Canada, à l'Institut Maurice Lamontagne. Il fut précédé d'un séminaire sur la surveillance de la qualité du milieu marin.

Afrique du Sud

Le président de la Foundation for Research Development (Pretoria) a fait une visite au siège de l'Ifremer le 23 janvier 1997. Il en a résulté une volonté d'établissement de liens durables avec la communauté scientifique et un besoin marqué en aménagement littoral qui implique toutefois l'accès au financement européen. Un programme de coopération concernant l'aquaculture et la pêche a été lancé en 1997.

Israël

L'Ifremer a présenté à Jérusalem, lors d'une réunion de l'AFIRST (Association franco-israélienne pour la recherche scientifique et technologique), une synthèse des travaux du colloque qui s'était déroulé en France en 1996. Elle concerne trois grands volets : l'aquaculture, les récifs coralliens, la Méditerranée orientale et la mer Rouge. L'intérêt a été confirmé d'une coopération sur les thèmes identifiés au cours des contacts établis depuis 1992 et portant sur certains domaines de l'aquaculture dans lesquels les équipes israéliennes ont atteint un niveau d'excellence mondialement reconnu.

Afrique

Plusieurs actions de coopération ont été menées en soutien au développement des pêches et de l'aquaculture, notamment la participation à un projet de la DG VIII en Mauritanie, au Sénégal et au Maroc, centré sur les pêcheries du poulpe. Au Cap Vert, en soutien à un projet FAO de développement des pêches, participation d'un expert de l'Ifremer

au Conseil scientifique de l'INDP (Institut national pour le développement de la pêche) a été assurée.

En Tunisie, l'Ifremer contribue à la restructuration de la recherche aquacole à travers le programme Aquaculture 2001, avec l'INSTM (Institut national des sciences et technologies de la mer) de Salammbô. Cet institut a sollicité le concours de l'Ifremer pour un projet d'évaluation de ressources en petits pélagiques des eaux tunisiennes.

Au Maroc, l'Ifremer a maintenu sa participation au réseau Formation Recherche. Un projet d'accord de coopération en océanographie avec l'INRH (Institut national de recherches halieutiques) a été élaboré.

En Érythrée, un projet d'évaluation de ressources halieutiques est financé par la Caisse française D. Des experts de l'Ifremer, ainsi que le N/O *L'Europe* ont été utilisés pour une campagne de prospection et écho-intégration.

Amérique du Sud

En soutien au programme Pradespesca, l'Ifremer participe à la création d'un centre régional Caraïbes de recherche halieutique. L'Ifremer élabore pour les six pays de la région caraïbe une base de données Pêche. Ces actions sont financées par le ministère des Affaires étrangères, dans le cadre de la coopération française dans la région.

En Équateur, l'Ifremer a passé un accord de coopération avec le CENAIM (Centro nacional de acuicultura e investigaciones marinas), portant sur le développement de la recherche sur la pathologie des crustacés. Au Brésil, un projet d'évaluation de ressources halieutiques pour le compte de l'État de Bahia est en cours.

Asie (pays de l'ASEAN)

Au Viêt-nam et en Indonésie, l'Ifremer mène un projet « science et technologie pour le développement », soutenu par l'Union européenne, et portant sur les interactions de l'élevage de crevettes avec l'environnement.

Opérations commerciales

Opérations commerciales

L'Ifremer met au service des entreprises nationales et internationales ses compétences scientifiques, ses moyens à la mer et ses capacités d'expertises. Pour ce faire, l'Institut mène des actions de promotion et propose des prestations.

Promotion commerciale

La promotion fait appel à différents moyens de diffusion, par l'écrit au travers de nombreux documents et par l'organisation de salons (principalement en Asie), sur le principe d'une participation d'industriels français, partenaires de l'Ifremer dans les domaines concernés.

- Singapour : « Oceanology International » en mai 1997, a permis d'exposer nos capacités en matière d'ingénierie et technologie.

- Pékin : « China Fisheries and Seafood Exposition » en novembre 1997, a permis de faire connaître nos travaux de recherches dans les domaines de la pêche, l'aquaculture et la transformation des produits de la mer.

Prestations

Les prestations offertes par l'Ifremer touchent à des secteurs très variés qui vont de l'intervention sous-marine à l'évaluation de ressources en mer, en passant par des expertises en géosciences marines et environnement littoral ou des études de sites.

À noter par exemple cette année : une étude d'impact avant pose d'un câble entre Jersey et la France, une assistance à la gestion des pêches en Mauritanie, à l'aquaculture au Maroc, des participations au repérage d'épaves, des expertises sur des rejets en mer et des sessions de formation...

Ressources humaines

Au 31 décembre 1997, l'Ifremer compte un effectif de 1 227, 90 équivalents temps plein dont 1 096, 30 sous statut EPIC et 131,60 sous statut EPST, correspondant à 1 324 salariés : 63 % d'hommes et 37 % de femmes, répartis en 688 cadres (52 % de la population) et 636 techniciens et administratifs (48 %).

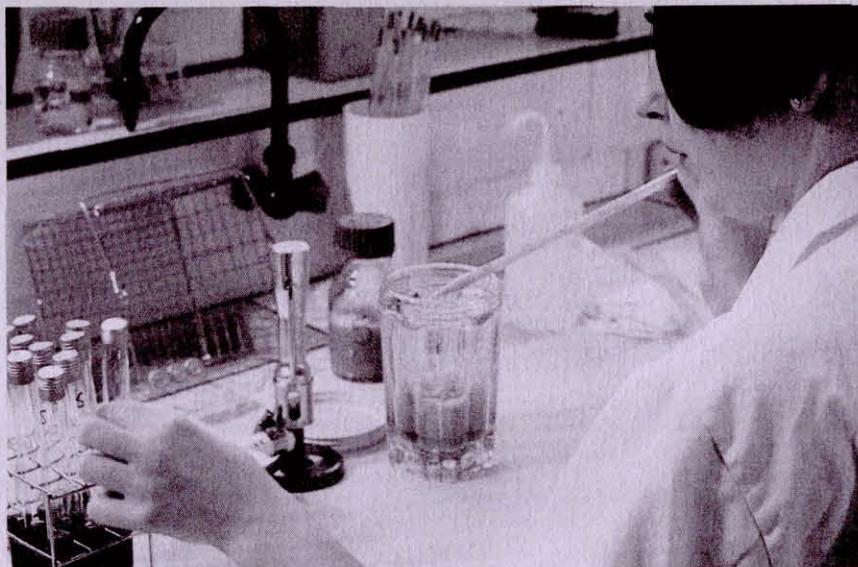
Les répartitions par implantations géographiques et par directions (en équivalents temps plein) sont présentées ci-dessous.

- La Présidence regroupe les effectifs rattachés au Haut conseiller scientifique, à la Direction des relations et coopérations internationales, à la Direction de la communication et à la Direction des moyens navals.
- La Direction générale déléguée comprend les effectifs des directions fonctionnelles, des directions de centres (administration et logistique) et de l'agence comptable.

Les actions menées, en 1997, dans le domaine de la politique du personnel sont venues conforter les grandes orientations du Plan stratégique 1996-2000.

Plusieurs accords ont été signés avec les organisations syndicales :

- Dans le cadre de l'intégration à l'Ifremer de 75, 2 agents GIE-RA, effective au 1^{er} janvier 1998, un protocole d'accord a été signé le 4 décembre 1997.



Il fixe les modalités et conséquences de la reprise de l'activité développée par le GIE-RA en métropole et dans les DOM.

- L'article 21 de la convention d'entreprise, relatif à la prime d'incommodité, a été revu et signé le 4 avril 1997.

- Afin d'inciter les départs à la retraite et pour permettre l'embauche de jeunes chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs, l'article 31 de la convention d'entreprise a été renégocié et signé le 21 mars 1997.

- Dans le domaine de la formation, un avenant à la convention d'entreprise

du 18 mai 1993 a été négocié pendant l'exercice 1997. Il concerne les priorités et les moyens mis en œuvre pour la formation professionnelle, ainsi que les conditions d'accueil et d'insertion des jeunes. Il a été signé le 16 février 1998.

Le plan de formation a privilégié, en 1997, l'accréditation des laboratoires côtiers de la Direction de l'Environnement littoral, ainsi que celle - ISO 9000 - des laboratoires d'essais de la Direction de l'Ingénierie, de la Technologie et de l'Informatique .

Le pourcentage de la masse salariale consacré à la formation a atteint 3,76 % en 1997, contre 3,06 % en 1996.

	Brest	Nantes	Issy	Toulon	Boulogne	Tahiti
EPIC	535,5	211,8	129,7	115,1	43,1	61,1
EPST	29	66,7	6	14,6	14,3	1
Total	564,5	278,5	135,7	129,7	57,4	62,1
%	46	23	11	10	5	5

Répartition des effectifs par implantation géographique

	Présidence	Direction générale déléguée	Environnement littoral	Ressources vivantes	Ingénierie et technologie	Recherches océaniques
Cadres	44,5	69,9	126,4	181,2	153,2	84,7
Non cadres	46,8	144,4	105,3	153,7	84,8	33
Total	91,3	214,3	231,7	334,9	238	117,7
%	7	18	19	27	19	10

Répartition des effectifs par direction

Communication

Edition

La production

En 1997, les éditions de l'Ifremer ont publié :

- Les rejets dans la pêche artisanale française de Manche occidentale,
- Ces algues qui nous entourent,
- Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna,
- L'offre française en instrumentation océanographique (français/anglais),
- La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle,
- Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises,

et dans la nouvelle série « Bilans et prospectives »,

- Données économiques maritimes françaises,
- Microalgues marines,
- Surveillance de l'environnement littoral et côtier.

La carte « Synthèse bathymétrique et imagerie acoustique, Corse et mer Ligure » au 1/500 000^e a également été publiée.

La promotion

Le catalogue des éditions 1998 a été tiré à 18 000 exemplaires. Chaque livre publié a fait l'objet d'une fiche promotionnelle diffusée à 5 000 exemplaires vers des destinataires ciblés. Par ailleurs, plusieurs publicités sont passées dans différents supports comme « Le Monde », « La Recherche », « Pour la science », « Le Marin »... L'augmentation de la production, les effets de la promotion sous ses différentes formes ont permis d'élargir le public intéressé par les travaux et recherches entrepris par l'Ifremer, et de faire ainsi mieux connaître l'organisme.

Audiovisuel

Parallèlement à la poursuite de la couverture en images des activités de l'établissement telles les campagnes à la mer de *L'Atalante* avec le *Nautille*, de *Thalassa*, l'action principale du service audiovisuel a été d'enrichir la banque d'images de l'Ifremer selon les thèmes retenus du plan de communication : technologie et intervention sous-marine (Victor 6000), environnement littoral.

Parmi les films de transfert de connaissances produits, on peut citer : « Essais de chutes de conteneurs sur planchers composites pour l'offshore » « Essais aux chocs de panneaux composites pour l'offshore » « Le tourteau, la baudroie et les autres... (la campagne Observhal 96) » ainsi que « Anita Conti et les Racleurs d'Océan »

L'année 1997 a vu également le développement de partenariats avec l'enseignement, en particulier le Pôle européen d'enseignement à distance, pour la réalisation de supports pédagogiques (film et livret) destinées aux étudiants de 2^e et 3^e cycles.

En outre, afin de pouvoir répondre aux nouveaux critères d'acquisition et de diffusion de l'image par les diffuseurs télévisuels, le service audiovisuel a été doté d'une caméra Beta numérique, et sera équipé d'un système de montage virtuel.

Charte graphique

L'Ifremer s'est doté d'une nouvelle charte graphique, plus complète, plus performante, répondant aux besoins de l'édition actuelle dans une démarche commune avec le développement de son site Web et la généralisation de l'édition électronique.

Son objectif est d'offrir à l'Ifremer un outil de travail fiable, permettant, d'une part de mettre fin à la prolifération de productions atypiques et, d'autre part, d'améliorer la circulation des informations internes.

Ceci est rendu possible par la modernisation des éléments techniques et graphiques disponibles sur tous les postes de travail informatiques de façon simple et opérationnelle.

Les secteurs les plus concernés sont l'édition électronique et les éditions et publications de l'Ifremer.

Adresses

Siège social

155, rue Jean-Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex
tél. 01 46 48 21 00
fax 01 46 48 22 96

Centre de Boulogne-sur-mer

150, quai Gambetta, BP 699
62321 Boulogne-sur-Mer Cedex
tél. 03 21 99 56 00
fax 03 21 99 56 01

Station de Port-en-Bessin

avenue du général de Gaulle
14520 Port-en-Bessin
tél. 02 31 51 13 00
fax. 02 31 51 13 01

Station de Saint-Malo

2 bis, rue Grout Saint-Georges,
BP 46
35402 Saint-Malo Cedex
tél. 02 99 40 39 51
fax 02 99 56 94 94

Centre de Brest

BP 70, 29280 Plouzané
tél. 02 98 22 40 40
fax 02 98 22 45 45

Station de Concarneau

13, rue de Kérose, Le Roudouic,
29900 Concarneau
tél. 02 98 97 43 38
fax 02 98 50 51 02

Station de Lorient

8, rue François Toullec
56100 Lorient
tél. 02 97 87 38 00
fax 02 97 30 38 01

Station de la Trinité

12, rue des Résistants
56470 La Trinité-sur-Mer
tél. 02 97 30 25 70
fax 02 97 30 25 76

Centre de Nantes

rue de l'Île d'Yeu
BP 21105, 44311 Nantes Cedex
Tél. 02 40 37 40 00
fax 02 40 37 40 01

Station de Bouin

polder des champs
85230 Bouin
tél. 02 51 68 77 80
fax 02 51 49 34 12

Centre de Toulon

zone portuaire de Brégaillon-BP 330
83507 La Seyne-sur-Mer Cedex
tél. 04 94 30 48 00
fax 04 94 30 13 72

Station de La Rochelle

place du Séminaire
BP 7, 17137 L'Hourmeau
tél. 05 46 50 94 40
fax 05 46 50 93 79

CREMA L'Hourmeau

place du Séminaire
BP 7, 17137 L'Hourmeau
tél. 05 46 50 94 40
fax 05 46 50 06 00

Station de La Tremblade

BP 133, 17390 La Tremblade
Mus-de-Loup
tél. 05 46 36 18 41
fax 05 46 36 18 47

Station d'Arcachon

quai du commandant Silhouette
33120 Arcachon
tél. 05 56 83 85 60
fax 05 56 83 89 80

Ronce-les-Bains

tél. 05 46 36 98 36
fax 05 46 36 37 51

Station de Palavas

Chemin de Maguelone
34250 Palavas-les-Flots
tél. 04 67 50 41 00
fax 04 67 68 28 85

Station de Santa Maria

Poggio
Vanga di l'Oru, Santa Maria
Poggio,
20221 Cervione, Corse
tél. 04 95 38 42 37
fax 04 95 38 54 29

Station de Sète

1, rue Jean Vilar
BP 171, 34203 Sète Cedex
tél. 04 67 46 78 00
fax 04 67 74 70 90

Unité mixte de recherche 219-DRIM- université de Montpellier II

2, place E. Bataillon
case courrier 080
34095 Montpellier Cedex 5
tél. 04 67 14 46 25
fax 04 67 14 46 22

Délégation du Pacifique

Vairao, BP 7004
98719 Taravao, Tahiti
Polynésie Française
tél. 00 689 54 60 00
fax 00 689 54 60 99

quai des Scientifiques
BP 2059

98846 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie
tél. 00 687 28 51 71
fax 00 687 28 78 57

Délégation de la Réunion

BP 60, 97 822 Le Port Cedex
La Réunion
tél. 00 262 42 03 40
fax 00 262 43 36 84

Délégation des Antilles

Pointe-Fort
97231 Le Robert, Martinique
tél. 00 596 65 11 54
fax 00 596 65 11 56

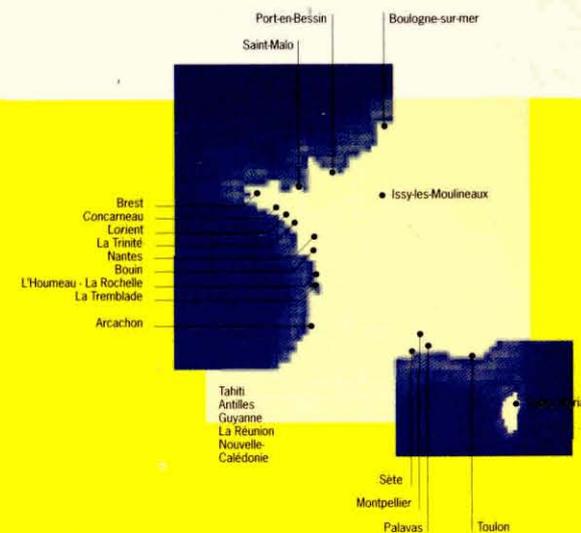
Délégation de Guyane

domaine de Suzini
BP 477, 97331 Cayenne
Guyanne Française
tél. 00 594 30 22 00
fax 00 594 30 80 31

Centre de Tahiti

Vairao, BP 7004, 98719 Taravao,
Tahiti, Polynésie Française
tél. 00 689 54 60 00
fax 00 689 54 60 99

BMH	Biotechnologies des micro-organismes hydrothermaux	FIOM	Fonds d'intervention et d'organisation des marchés des produits de la pêche maritime et des cultures marines
BSR	Bottom Simulating Reflector	GEOSTAR	Geophysical and Oceanographic Station for Abyssal Research
CEP&M	Comité d'études pétrolières et marines	GIE-GENAVIR	Groupement d'intérêt économique pour la gestion des navires océanographiques
CFDT	Confédération française démocratique du travail	GIE-RA	Groupement d'intérêt économique Recherches aquacoles
CFTC	Confédération française des travailleurs chrétiens	GPS	Global Positioning System
CGT	Confédération générale du travail	IBTS	International Bottom Trawl Survey
C/EM	Conseil international pour l'exploration de la mer	IEO	Instituto Español de Oceanografía
CITPPM	Confédération des industries de traitement des produits des pêches maritimes	IFP	Institut français du pétrole
CMO	Centre militaire d'océanographie	JAMSTEC	Japanese Marine Science and Technology Center
CNC	Comité national de la conchyliculture	LODYC	Laboratoire d'océanographie dynamique et de climatologie
CNRM	Centre national de recherche météorologique	LPO	Laboratoire de physique des océans
DDE	Direction départementale de l'Équipement	MAP	Module autonome pluridisciplinaire
DITI	Direction de l'Ingénierie, de la Technologie et de l'Informatique	MAREL	Mesure automatisée en réseau pour l'environnement littoral
DPMCM	Direction des pêches maritimes et des cultures marines	MAST	Marine science and technology
DTMPL	Direction des transports maritimes, des ports et du littoral	NEP	Navire d'exploration profonde
DRO	Direction des recherches océaniques	NSCAT	Nasa Scatometer
EDICS	Evaluation of diverless IRM completions and deep-sea structures	ODP	Ocean Drilling Program
EPSHOM	Établissement principal du service hydrographique et océanographique de la Marine	PCRDT	Programme-cadre de recherche et de développement technologique
ÉPIC	Établissement public à caractère industriel et commercial	PNDR	Programme national déterminisme du recrutement
EPST	Établissement public à caractère scientifique et technique	RÉMI	Réseau microbiologie
ERS	European Remote Sensing	RÉPHY	Réseau phytoplanktonique
ESF	European Science Foundation	ROV	Remote Operated Vehicle
FAIR	Agro-industry, Food technologies, Forestry, Aquaculture and Rural development	SHOM	Service hydrographique et océanographique de la Marine
		TAO	Télémanipulation assistée par ordinateur
		WOCE	World Ocean Circulation Experiment



Modélisation des écosystèmes côtiers

Comportements des polluants

Observation et surveillance de la mer côtière

Gestion durable des ressources halieutiques

Optimisation et développement des productions aquacoles

Transformation, valorisation et qualité des produits de la mer

Mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines

Compréhension de la circulation océanique

Connaissance et exploration des fonds océaniques

Grands équipements pour l'océanographie

Génie océanique