

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

Le Ministre

Paris, le 10 septembre 1997

Monsieur le Président
du Comité national d'évaluation
de la recherche
41, avenue de la Grande Armée
75116 Paris

Monsieur le Président,

La recherche en océanographie est conduite en France par plusieurs organismes de recherche, principalement l'IFREMER, l'ORSTOM, l'IFRTP et l'INSU. L'effort consenti par la collectivité nationale dans ce domaine de recherche justifie la nécessité de disposer d'une évaluation des programmes scientifiques menés par ces organismes au cours des trois dernières années.

Pour les besoins de cette recherche, ces organismes disposent de navires qu'ils gèrent selon des modalités qui leur sont propres. Le fonctionnement, l'entretien et le renouvellement de la flotte nationale de recherche représentent un coût très important. Aussi, il m'apparaît nécessaire de rechercher les moyens d'optimiser l'utilisation de cette flotte en ajustant au mieux l'offre de services aux besoins de la communauté scientifique. Pour ce faire, un examen des méthodes de gestion propres à chacun des organismes serait utile afin d'aboutir à une évaluation comparative des coûts de fonctionnement. Au-delà du cas des organismes nationaux, la comparaison devrait s'étendre aux autres institutions européennes utilisant des navires de recherche.

Je souhaiterais que vous mobilisiez les compétences du Comité national d'évaluation de la recherche sur cette question de l'évaluation scientifique des programmes d'océanographie en cours de développement, couplée à la recherche d'un usage optimum des moyens à la mer qui peuvent leur être consacrés.

Il conviendrait que je puisse recevoir vos conclusions au plus tard en janvier 1998.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, à l'expression de mes sentiments distingués.



Claude ALLÈGRE

SOMMAIRE

COMPOSITION DU COMITÉ	7
AVANT-PROPOS	9
INTRODUCTION : Les enjeux actuels de l'océanographie	13
Avis et recommandations du CNER	19
Les programmes de recherche et leurs orientations	19
Les moyens (hors flotte) et l'organisation des programmes	30
La flotte et l'évaluation des demandes de campagne à la mer	34
Observations et réponses des organismes sur le rapport d'évaluation du CNER	53
Réponses de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)	54
Réponses de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP)	61
Réponses du Centre national de la recherche scientifique et de l'Institut national des sciences de l'univers (CNRS-INSU)	67
Réponses de l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)	72
Annexes	77
AVERTISSEMENT	79
ANNEXE 1	
Programmes de recherche en océanographie et campagnes à la mer	81
Environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques	81
L'océanographie côtière	94
Les recherches halieutiques	106
Biologie de l'océan profond	116
Marges océaniques et exploration des grands fonds	120
Technologies marines : l'instrumentation océanographique	128
Les systèmes satellitaires	131
Recherche française en océanographie et programmes européens	140

ANNEXE 2	
Les moyens à la mer, leur gestion et leur programmation	145
Un bref historique	145
La flotte hauturière	146
Les submersibles	147
Les flottes côtières	149
Les outils lourds embarqués et les engins autonomes de mesure en mer	150
Modes de gestion et coûts d'exploitation, de maintenance et de développement des flottes et des équipements	152
Les flottes européennes et la coopération internationale	155
La programmation et l'utilisation des navires	160
ANNEXE 3	
Tableaux récapitulatifs sur les dépenses consolidées de la recherche publique en océanographie – Estimations 1996 CNRS – IFREMER – IFRTP – ORSTOM	171
ANNEXE 4	
Liste des personnes consultées	175
ANNEXE 5	
Liste des documents examinés	179
Documents fournis par l'IFREMER	179
Documents fournis par l'INSU / CNRS-SDU	184
Documents fournis par l'ORSTOM	188
Documents fournis par l'IFRTP	189
Documents fournis par le SHOM	191
Documents fournis par le ministère de l'Éducation nationale de la Recherche et de la Technologie	192
Documents fournis par l'Académie des sciences	193
Travaux antérieurs du CNER	193
ANNEXE 6	
Décret n° 89-294 du 9 mai 1989 relatif au Comité national d'évaluation de la recherche	195
ANNEXE 7	
Liste des sigles utilisés	199
TABLE DES MATIÈRES	205

COMPOSITION DU COMITÉ

Président du comité

■ Jean DERCOURT,

secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

Représentants de la communauté scientifique et technique

■ Jacques DUCUING,

professeur des universités ; ancien directeur général du Centre national de la recherche scientifique

■ Claude JEANMART,

membre correspondant de l'Académie des sciences ; ancien directeur scientifique du groupe Rhône-Poulenc

■ Charles PILET,

docteur vétérinaire, vice-président de l'Académie nationale de médecine ; membre correspondant de l'Académie des sciences ; directeur de l'Institut d'immunologie animale et comparée

Personnalités choisies en raison de leur compétence dans les domaines économique, social, culturel, scientifique et technique

■ Lucien BRAMS,

directeur honoraire de la mission interministérielle recherche-expérimentation auprès des ministères sociaux

■ Pierre FEILLET,

directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique

■ Georges-Yves Kervern,

ingénieur en chef des Mines, directeur du projet de télé-assurance commerciale « Tactic »

■ Michel QUATRE,

ingénieur général des Ponts et Chaussées, coordinateur de la sous-section « prévention et sécurité » au Conseil général des Ponts et Chaussées

Personnalité choisie en qualité de membre du Conseil d'État

■ Nicole QUESTIAUX,

présidente de Section honoraire au Conseil d'État

Personnalité choisie en qualité de membre de la Cour des Comptes

■ Jacques GISCARD D'ESTAING,

président de Chambre à la Cour des Comptes

AVANT-PROPOS

L'objet de la saisine

Par lettre en date du 10 septembre 1997, le ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie a saisi le Comité national d'évaluation de la recherche (CNER), conformément aux dispositions de l'article 3 du décret n° 89-294 du 9 mai 1989 instituant ce comité, d'une évaluation de la recherche nationale en océanographie.

Le ministre a souhaité que cette étude, justifiée par l'effort auquel consent la collectivité nationale pour doter ce domaine de recherche des ressources budgétaires nécessaires, soit consacrée aux activités conduites durant les trois dernières années par les organismes de recherche, notamment l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), l'Institut national des sciences de l'univers (INSU), l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP) et l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM).

Cette saisine orientait les travaux du CNER dans deux directions complémentaires, voire indissociables : une évaluation scientifique des programmes d'océanographie en cours de développement durant la période considérée (1994-1997) ; un examen comparatif de la gestion des moyens à la mer qui sont consacrés à la réalisation de ces programmes par chacun des organismes concernés, afin d'apprécier les conditions de leur usage optimum et notamment l'adéquation entre l'offre de services proposée par les établissements et les besoins de la communauté scientifique.

Enfin le ministre invitait le CNER à étendre son étude comparative aux institutions européennes utilisant des navires de recherche. Il demandait au Comité de lui remettre ses conclusions pour le mois de janvier 1998.

La démarche adoptée

Les documents de référence existants

La recherche française en océanographie a fait l'objet d'études récentes, conduites tant par des instances indépendantes ou situées dans le sillage des administrations de tutelle que par les établissements de recherche eux-mêmes. Plusieurs de ces études méritent d'être signalées. Il s'agit en premier lieu du

rapport de l'Académie des sciences sur « la politique française de recherche océanographique » (octobre 1995), établi en réponse à la demande du ministre chargé de la recherche (janvier 1994) et prenant le relais des conclusions des deux évaluations du CNER sur l'IFREMER et sur l'INSU (février 1992). Par ailleurs les problèmes liés à la flotte de recherche ont été évoqués par le Conseil des très grands équipements scientifiques, dans son rapport d'avril 1996. En outre, de septembre 1996 à février 1997, trois des organismes concernés (IFREMER, INSU et ORSTOM) ont produit des études consacrées à leur flotte, répondant à une demande de la direction générale de la recherche et de la technologie. Un rapport d'un comité scientifique ad hoc, demandé par le Conseil d'administration de l'IFRTP, faisait aussi connaître en avril 1997 ses réflexions sur l'utilisation du navire hauturier, le Marion Dufresne. Le 9 septembre 1997, le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (CSRT) rendait un avis relatif à la flotte océanographique française, à partir de l'analyse des documents réunis par la direction générale de la recherche et de la technologie. Enfin, le CNER a eu accès au rapport d'une mission diligentée par le ministre chargé de l'outre-mer sur les perspectives des Terres australes et antarctiques françaises qui a rendu ses conclusions en octobre 1997.

Par ailleurs, les enseignements que le CNER avait recueillis sur trois des établissements concernés par l'enquête, à l'occasion des évaluations de l'INSU et de l'IFREMER, déjà évoquées, auxquelles il faut ajouter celle de l'ORSTOM (juillet 1994), procédaient d'une approche distincte de l'objet de la présente saisine, mais ont été néanmoins fort utiles à sa réflexion.

Le recueil d'informations

À la demande du CNER, les quatre organismes concernés lui ont fait parvenir un nombre important d'informations dont on trouvera la liste en annexe au présent rapport. Certains de ces éléments étaient disponibles ou avaient fait l'objet de publications. La majeure partie d'entre eux ont été le résultat de traitements spécifiques, en réponse aux questions posées par le groupe de travail du Comité. On ne peut que se féliciter de l'esprit de coopération avec lequel les établissements ont apporté leur concours au Comité, en dépit des délais très contraignants qui leur étaient imposés.

Déroulement des travaux

Les travaux d'évaluation ont été organisés avec le souci de parvenir dans les délais impartis à un constat et à des recommandations qui puissent répondre sans biais aux questions posées. Il s'agissait de mettre en œuvre des approches réservant une large place à l'analyse critique des informations produites par les organismes de recherche et à leur mise en cohérence. L'évaluation s'est efforcée de satisfaire trois types de préoccupations :

1 – Associer à une démarche transparente les organismes de recherche impliqués – Une première réunion de lancement des travaux a rassemblé le 10 octobre 1997 les dirigeants des quatre organismes, IFREMER, IFRTP, INSU et ORSTOM, afin d'arrêter d'un commun accord le champ de l'enquête et d'examiner le profil du cahier des charges des expertises. Des interlocuteurs du CNER ont été désignés dans chacun des établissements afin de faciliter la mobilisation des éléments d'information. Une seconde série de rencontres avec les dirigeants des organismes a été organisée en janvier 1998, avant l'envoi aux établissements pour avis des éléments du rapport final, afin de débattre des principales recommandations que le CNER souhaitait présenter au Gouvernement.

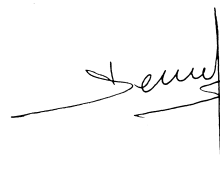
2 – Procéder à une expertise des programmes de recherche océanographique et des moyens à la mer qui tiennent compte des résultats de l'évaluation interne conduite par les organismes en les mettant en perspective avec la définition de leurs missions et de leurs axes stratégiques. Deux experts ont été choisis par le CNER en fonction de leur expérience qui les rendait immédiatement opérationnels : Lucien Laubier, professeur à l'université de la Méditerranée, pour l'expertise des programmes ; Jean-François Perrouy, capitaine de vaisseau (r), commissaire adjoint aux transports maritimes, pour celle des moyens à la mer. En outre, Pierre Soler, directeur de recherche à l'ORSTOM, a été mis à la disposition du CNER pour mener cette opération.

3 – Entendre certains des acteurs de la recherche océanographique et des acteurs institutionnels des organismes, dont les responsables de la programmation des flottes, et étendre cette consultation à des experts européens. Il convient d'y ajouter les entretiens organisés avec des cadres de l'administration centrale chargée de la recherche et de la technologie ainsi que les contacts pris avec les représentants des deux grands groupes pétroliers français. L'évaluation des programmes a bénéficié en outre du concours du Président du comité scientifique de l'IFREMER qui a coordonné une réflexion rétrospective menée par trois des commissions thématiques de ce comité (géosciences, océanographie physique, chimique et biologique, écologie des ressources et environnement côtier) ; les résultats de ces travaux ont été transmis au CNER au début du mois de décembre 1997.

La saisine ministérielle invitait le CNER à étendre sa réflexion aux dispositifs existant en matière de recherche océanographique dans certains États membres de l'Union européenne. Compte tenu des délais impartis, le Comité a fait venir à Paris pour consultation trois experts de notoriété européenne, un universitaire du Québec ainsi que deux fonctionnaires de haut niveau de la Commission européenne, chargés de secteurs d'activité stratégiques : Science et technologie marines (DG XII) et pêches (DG XIV). L'expert du CNER auquel était confiée l'étude sur les moyens à la mer s'est déplacé en Grande-Bretagne pour rencontrer le surintendant de la flotte gérée par le Natural Environment Research Council (NERC).

Le groupe de travail chargé au sein du CNER d'instruire ce dossier d'évaluation était constitué de deux de ses membres, Michel Quatre, coordinateur du groupe et Jacques Giscard d'Estaing ; Pierre Soler en a été le rapporteur.

M'étant associé activement à ces travaux, j'en profite pour remercier toutes celles et tous ceux qui nous ont apporté leur contribution, experts, personnalités auditionnées, représentants des établissements de recherche et de l'administration centrale dont on trouvera la liste en annexe.



Jean DERCOURT,
président du CNER,
secrétaire perpétuel
de l'Académie des sciences

INTRODUCTION

LES ENJEUX ACTUELS DE L'OCÉANOGRAPHIE

L'océanographie peut être définie comme l'application, souvent conjointe, de plusieurs disciplines relevant de champs scientifiques différents à la connaissance des phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui ont lieu au sein des masses d'eau océaniques, aux interfaces de l'océan avec l'atmosphère, avec les terres émergées et les fonds marins et dans ces fonds eux-mêmes. Elle est aussi l'application de ces disciplines à la connaissance des ressources, renouvelables ou non, de ces différents milieux et, in fine, la nécessaire contribution de ces approches scientifiques à la définition des techniques et des politiques d'exploitation durable du milieu marin et de gestion précautionneuse de l'environnement, de l'échelle planétaire à l'échelle locale. Ce n'est donc pas une science au sens habituel du terme, mais plutôt l'approche scientifique d'un milieu que l'homme peut difficilement pénétrer.

Au sein de cette « recherche océanographique », on peut schématiquement distinguer six grands domaines, correspondant à la fois à des questions scientifiques et à des enjeux de gestion et d'exploitation de notre planète, enjeux qui sont pris largement en considération dans les forums internationaux comme ceux de Rio de Janeiro et de Kyoto :

1 – le rôle de l'océan vis-à-vis de la dynamique du climat, de son évolution à l'échelle planétaire et des impacts régionaux de sa variabilité, et son rôle dans les grands cycles biogéochimiques, notamment celui du carbone. Ce domaine concerne essentiellement la physique, la géochimie, la biochimie et la paléoclimatologie, en interface avec les sciences de l'atmosphère, et l'hydrologie, la bioclimatologie et la paléoclimatologie continentales ;

2 – l'étude du milieu côtier, milieu tout à fait essentiel tant en termes de production biologique, de biodiversité et d'échanges entre océan, continents et atmosphère qu'en termes d'aménagement, de ressources vivantes et non renouvelables, de préservation de la biodiversité, des sites et de la qualité des eaux, milieu enfin fortement modifié par les activités humaines et siège de conflits d'usage de plus en plus sensibles. Ce domaine concerne, dans une approche largement pluridisciplinaire, l'océanographie physique et biogéochimique, la microbiologie et la biologie marine, la sédimentologie et l'étude du transport des particules, en interface avec la connaissance des apports continentaux, mais aussi avec les sciences de l'homme et de la société ;

3 – le développement durable de l'exploitation des ressources marines vivantes (« pêche responsable ») en zone littorale, sur le plateau continental et en domaine hauturier, considérée à la fois dans son environnement bio-physico-chimique et dans ses conditions d'exercice techniques et socio-économiques. Le caractère systémique de l'halieutique moderne suppose, outre l'approche biologique et écologique, une mobilisation interdisciplinaire allant de la physique aux sciences sociales ;

4 – l'océan profond est aussi un milieu de grande importance pour l'étude des phénomènes biologiques fondamentaux découverts il y a une vingtaine d'années autour des sites hydrothermaux des dorsales. Ce domaine de recherche concerne écologistes marins, biologistes et microbiologistes.

5 – les ressources non renouvelables des marges océaniques, en hydrocarbures notamment, leur environnement géodynamique, leur genèse, leur répartition, leur exploration et leur exploitation, les risques naturels (aléas sismiques et tsunamis, aléas volcaniques,...) associés au fonctionnement des marges océaniques actives et la compréhension des processus physiques et géochimiques associés à l'expansion des fonds océaniques au niveau des dorsales. Ce domaine concerne au premier chef la géologie et la géophysique. L'étude des marges océaniques, en expansion récente et rapide, fait intervenir également la géotechnie, le génie océanique et, pour les études d'impact notamment, l'ensemble des disciplines océanographiques depuis la physique jusqu'à la biologie. Enfin, l'océan – qui couvre plus de 75 % de la surface du globe – est aussi une région à partir de laquelle il est indispensable d'ausculter l'intérieur du globe à partir d'observatoires sismologiques et magnétiques permanents ; ils viendront compléter les réseaux géophysiques terrestres qui couvrent trop inégalement la surface de la planète.

Il faut rappeler également que l'océanographie militaire – qui n'est pas incluse dans la présente évaluation – a joué et continue à jouer un rôle significatif dans la recherche, notamment pour l'hydrographie, placée en France sous la responsabilité de la Marine Nationale à travers le Service hydrographique et océanographique de la Marine, et pour les études de circulation océanique, sans compter les développements et les savoir-faire technologiques de ce secteur dans les domaines de la pénétration sous-marine et de l'acoustique en particulier.

6 – Au delà des questionnements, méthodes et techniques spécifiques à chacun de ces grands domaines et des liens particuliers que chacun d'eux tisse avec des champs de recherche extérieurs à l'océan, les spécialistes des différentes disciplines et les ingénieurs doivent définir conjointement et partager l'utilisation des navires océanographiques et les engins de pénétration sous-marine. Ces recherches supposent des développements technologiques concernant les instruments d'observation, de mesure et de prélèvement adaptés aux conditions particulières du milieu marin, et pensés en synergie avec le développement des outils satellitaires. Le maintien des capacités françaises en matière de développement de navires océanographiques et d'engins de pénétration sous-marine et

l'essor prévisible, déjà initié, de systèmes pérennes et autonomes d'observation océanographique font de ce secteur un enjeu important.

L'ensemble des domaines de recherche et des enjeux rappelés ci-dessus suffit à montrer que l'océanographie est un champ majeur pour la recherche au niveau international.

On en trouve une illustration toute récente dans l'adoption par les États-Unis d'Amérique d'une « Loi sur les Océans » (Oceans Act of 1997). Cette loi destinée à assurer la pleine coordination des activités océaniques et côtières prend en compte les implications relevées dans chacun des domaines définis plus haut et une Commission pour la politique de l'océan (Commission on Ocean Policy) a pour charge de promouvoir sa mise en œuvre. Elle comprend 15 membres désignés par le Président des États-Unis en concertation avec le Congrès. Ils représentent le gouvernement fédéral, les états, des institutions académiques et techniques et des associations d'intérêt public liées aux activités océaniques et côtières. Quatre représentants du Congrès participent à ses travaux comme conseillers.

Il faut noter qu'une telle approche coordinatrice, si elle se réfère à des champs économiques et sociétaux aux incidences considérables, n'est pas une approche sectorielle à la différence de celles auxquelles peuvent être soumis les transports, les ressources énergétiques, la production alimentaire ou l'aménagement du territoire par exemple.

Contrairement au domaine spatial, la France n'a pas conçu d'emblée une telle politique pour l'océan comme le CNER a pu le constater dans ses évaluations de l'IFREMER (1991) et de l'INSU (1992). Notre pays est cependant conduit, de par sa position et son histoire, à en élaborer une dans les six domaines précédents et à en envisager la synthèse, par la définition notamment d'une politique nationale des moyens océanographiques – d'autant plus justifiée que ces outils représentent des investissements et des coûts de fonctionnement significatifs – et par la définition de priorités stratégiques à l'échelle nationale et européenne.

Par ailleurs, la France, partie intégrante de l'Europe, en a les préoccupations territoriales, mais elle a aussi des intérêts, grâce aux zones économiques exclusives relevant de ses départements et territoires d'outre-mer, dans le Pacifique, l'Océan Indien, l'Océan Circum-Antarctique, et l'ensemble de l'Atlantique Nord et Central. Elle joue aussi un rôle important dans la consolidation ou la formation de communautés scientifiques et de capacités d'expertise dans les pays émergents et les pays en développement. Ceci, associé au fait qu'une part significative des questions scientifiques posées ont un caractère global ou ont leur réponse dans des régions tropicales ou polaires, justifient que notre pays maintienne une capacité de recherche sur l'ensemble des océans. Dans le concert mondial, face aux deux super-puissances de l'océanographie que sont les États-Unis et le Japon, il est raisonnable de considérer que cet objectif se situe de plus en plus au niveau européen plutôt qu'au niveau strictement national.

Globalement, l'effort consenti par la France en océanographie couvre, avec des nuances quantitatives et qualitatives toutefois (infra partie I), l'ensemble des enjeux scientifiques et sociétaux significatifs du domaine.

Quantitativement, l'effort français en recherche océanographique civile peut être illustré par quelques chiffres globaux :

- un personnel permanent de près de 2100 personnes (plus de 800 chercheurs et enseignants-chercheurs ; environ 850 ingénieurs et techniciens ; 430 navigants mettant en œuvre les navires et engins) (voir tableau 1) ;*
- des dépenses consolidées d'environ 1,8 milliard de francs par an provenant à plus de 85 % du budget civil de recherche et développement (voir tableau 2) ;*
- une valeur d'immobilisation en équipements lourds (navires et engins) d'environ 1,8 milliard de francs (hors satellites).*

Malgré l'absence de critères quantitatifs indiscutables, on peut estimer que la France, représentant un peu moins de 10 % de l'effort mondial de recherche océanographique, occupe aujourd'hui la troisième place dans ce domaine, à égalité avec le Royaume-Uni, après les États-Unis (environ la moitié de l'effort international) et le Japon (un cinquième du total), mais avant l'Allemagne. Pris dans son ensemble l'Union européenne arrive indiscutablement au second rang après les États-Unis. Par rapport à la situation qui prévalait il y a une vingtaine d'année, quand les États-Unis et l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques se disputaient la place de première nation océanographique, les évolutions les plus significatives sont l'effondrement des pays de l'ex-URSS – les grands navires océanographiques de 120 mètres de longueur et les deux sous-marins « moins 6000 mètres » construits par les chantiers finlandais au début des années 80 sont aujourd'hui désarmés, à quai, ou loués à des tarifs défiant toute concurrence à des nations occidentales – et la montée en puissance spectaculaire du Japon, qui occupait un rang moyen il y a encore vingt ans. Ainsi, après s'être doté successivement de deux sous-marins habités profonds 2000 et 6500 mètres, le Japon envisage aujourd'hui la construction d'un grand navire de forage profond océanique.

Tableau 1 – Personnel de la recherche océanographique civile française

		Environnement planétaire (dont paléo)	Géosciences (sauf paléo) et biol. prof.	Océanographie côtière	Halieutique	Génie océanique	Dévelop. et mise en oeuvre instr. océano.	Flotte sensu stricto	Totaux
CNRS*	C	110	38	104					252
	IT	77	30	99			11		217
	N							57	57
Totaux CNRS		187	68	203			11	57	526
Universités**	E-C	56	38	104					198
	ATOS	68	21	73					162
Totaux Universités		124	59	177					360
ORSTOM*	C	27	6	30	54				117
	IT	18	6	16	16		4		60
	N*							38	38
Totaux ORSTOM		45	12	46	70		4	38	215
IFREMER°	R	39	51	84	40	21	2		237
	T	5	13	21	12	41	130		222
	SP/E	0	7	87	72	8	1		175
Totaux IFREMER		44	71	192	124	70	133		634
GENAVIR°	N							199	199
	SE							130	130
Totaux GENAVIR								329	329
IFRTP	IT						6		6
	N							10	10
Totaux IFRTP							6	10	16
Totaux généraux		400	210	618	194	70	154	434	2 080

* Personnes physiques à plein temps.

** Personnel (personnes physiques, temps partiel) des universités, de l'ENS, du MNHN, de Météo-France, ... des équipes associées au CNRS uniquement.

° Équivalents plein-temps.

C : chercheurs, E-C : enseignants-chercheurs, ITA et ATOS : ingénieurs, techniciens et administratifs, R : personnel de recherche (IFREMER), T : personnel technique (IFREMER), SP/E : personnel de service public et expertise (IFREMER), N : personnel navigant, SE : "sédentaires embarqués" (GENAVIR).

**Tableau 2 – Estimation des dépenses consolidées de l'océanographie
(en millions de francs) pour 1996 ***

	Dépenses totales	Dépenses de personnel ⁽¹⁾	Fonctionnement	Investissement	Frais généraux (dont dépenses de personnel) ⁽²⁾	Contrats flotte ⁽³⁾
IFREMER	752,9	258,6	80,0	136,5	122,5	155,3
IFRTP	35,3	1,9	4,4	1,2	2,3	25,6
CNRS (dont INSU) et universités	560,1	373,5	81,3	16,0	89,4	
ORSTOM	182,8	113,7	20,4	9,7	39,0	
Total	1 531,2	747,7	186,0	163,4	253,1	180,9
Outils satellitaires ⁽⁴⁾	270,0					
Total	1 802,2					
		% ⁽⁵⁾				
Environnement planétaire	305,6	20,0				
Côtier	427,8	27,9				
Halieutique	166,7	10,9				
Géosciences	157,9	10,3				
Flotte et outils ⁽⁶⁾	381,9	24,9				
Autres ⁽⁷⁾	91,3	6,0				
Total	1 531,2	100,0				

* Établies d'après les documents fournis par les organismes, hors taxes, sans amortissement des équipements.

1. Personnel scientifique, technique et administratif des équipes de recherche et des flottes.

2. Fonctionnement et investissements pour l'administration et les moyens communs + dépenses de personnel correspondantes (estimation).

3. Contrat IFREMER - GIE GENAVIR, affrètements des N/O Marion Dufresne et La Curieuse par l'IFRTP

4. Estimation minimale des dépenses de développement et mise en œuvre des outils satellitaires pour l'océanographie.

5. Importance relative du domaine par rapport au total des dépenses consolidées (hors coût de développement et mise en œuvre des outils satellitaires).

6. Fonctionnement, soutien technique et développement de la flotte et des outils.

7. Génie océanique, informatique et réseaux, ...

Avis et recommandations du CNER

L'analyse des enjeux de la recherche océanographique, l'examen des objectifs, des résultats et des perspectives des programmes actuels et l'évaluation des outils – au premier rang desquels les flottes hauturière et côtière de recherche –, de leur programmation, de leur gestion et de leur adéquation aux objectifs de la recherche, amènent le CNER à émettre un certain nombre d'avis et à faire un ensemble de recommandations. Celles-ci sont détaillées ci-dessous en trois points :

- les résultats et les orientations scientifiques des programmes ;
- les moyens (hors flotte) et l'organisation des programmes ;
- la flotte et l'évaluation des demandes de campagne à la mer.

Les programmes de recherche et leurs orientations

Seuls les programmes de recherche faisant appel de manière centrale aux moyens à la mer et aux campagnes océanographiques ont été analysés par le CNER. Certains aspects importants des recherches ayant leur origine première dans le milieu marin – mais pour lesquelles les navires océanographiques ne sont pas nécessaires ou servent uniquement de vecteurs de collecte d'échantillons – ne sont donc pas abordés. C'est le cas notamment des recherches appliquées en aquaculture et sur la qualité des produits de la mer qui sont menées par l'IFREMER et de volets significatifs des recherches en biologie (biodiversité, biologie fondamentale, génétique, substances marines d'intérêt pharmacologique,...) menée par les établissements à caractère scientifique et technologique et les universités.

- L'analyse a porté successivement sur les six domaines définis en introduction :
- l'environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques ;
 - l'océanographie côtière ;
 - les recherches halieutiques ;
 - la vie dans l'océan profond ;
 - les grands fonds et les marges océaniques ;
 - les technologies marines.

L'environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques

Pour les recherches traitant de **la dynamique océanique, des couplages océan-atmosphère et de la variabilité météorologique et climatique**, la communauté est structurée en un nombre restreint de laboratoires de renommée internationale. Le CNER note l'excellence des résultats obtenus et la place très significative des équipes françaises sur le plan international dans les quatre domaines que sont :

- 1) l'obtention des données à la mer lors des campagnes océanographiques ou à partir de réseaux de mesure (mouillages, bouées, réseaux de navires marchands) ;
- 2) l'obtention, la validation et le traitement des données satellitaires. Sur ce point il faut souligner le bond qualitatif qu'a fait franchir le satellite franco-américain TOPEX-POSEIDON et la part essentielle qu'y ont pris les équipes françaises ;
- 3) les études de processus, notamment dans le cadre des projets TOGA et WOCE ;
- 4) le développement de la modélisation, avec notamment des avancées importantes en modélisation couplée océan-atmosphère et pour l'assimilation des données dans les modèles.

Le CNER estime que les résultats obtenus justifient pleinement le passage à des projets plus ambitieux de modélisation avec assimilation des données *in situ* et satellitaires et couplage avec les modèles de circulation atmosphérique, le but devant clairement être de parvenir à une prédiction climatique inter-saisonnière réaliste dans les années qui viennent. Les projets nouveaux de modélisation (*CLIPPER*, *MERCATOR*) tendent vers cet objectif.

Outre la poursuite du développement des outils satellitaires (altimétrie, vents, températures de surface,...), ces avancées en modélisation supposent que des moyens importants soient maintenus pour les études de processus encore mal compris à l'échelle des bassins océaniques et à méso-échelle ainsi que l'obtention des indispensables données *in situ* tant dans l'océan Pacifique que dans l'océan Atlantique.

La création en 1997, sous l'égide de l'IFREMER, du groupe inter-organismes CORIOLIS correspond à une volonté de mieux définir, à l'interface entre chercheurs et ingénieurs, les plans d'échantillonnage et les instruments nécessaires aux études de caractérisation des masses d'eau et de leur circulation, dans l'optique du développement de l'océanographie opérationnelle. Le CNER constate avec satisfaction cette évolution.

Le CNER recommande qu'une attention toute particulière soit portée aux moyens de calcul pour que les équipes françaises accèdent au meilleur niveau européen dans le domaine de la modélisation.

Outre l'indispensable développement d'outils satellitaires adaptés auquel les équipes françaises doivent impérativement continuer à contribuer, le comité insiste sur la nécessité du maintien des moyens pour les études de processus et l'obtention des données *in situ*. Des moyens supplémentaires consacrés aux mesures et au recueil de données devront être dégagés, dans un avenir proche, pour le passage à une véritable océanographie opérationnelle dans l'« océan global ».

S'agissant des recherches sur le rôle de l'océan dans les **grands cycles biogéochimiques**, le CNER note les avancées très significatives des années récentes et la place de la communauté française au plan international. Ces résultats concernent :

- les processus (évaluation précise du rôle du picoplancton dans le contrôle de la photosynthèse, importance du rôle de la matière organique dissoute pour l'export de carbone des couches de surface en Méditerranée, mise en évidence de l'importance du contrôle des processus biogéochimiques de production par la physique, en particulier l'advection par de forts courants zonaux, démonstration de l'importance du rôle de puits de l'océan austral pour le CO₂ d'origine anthropique et du rôle du fer sur le contrôle de la production primaire, mesures de la variabilité de la pression partielle de CO₂ dans l'Atlantique et le Pacifique tropical, développement d'une bouée dérivante pour la mesure automatique de la pression partielle de CO₂,...);
- les bilans (estimations de la production primaire à partir des données des satellites « couleur de l'eau », premières estimations fiables de la production primaire nouvelle dans le Pacifique équatorial Ouest).

Le comité souligne la cohérence dans l'utilisation des différents outils (satellites, études couplées à la mer des processus physiques et biogéochimiques, biologie fondamentale) et les performances de la communauté scientifique française en modélisation des processus biogéochimiques et en modélisation couplée physique / biogéochimie.

Le CNER estime qu'il convient de soutenir cette thématique et la réalisation des campagnes prévues entre 1998 et 2000. Il souligne la nécessité de veiller à ce que la synthèse annoncée soit ensuite menée à son terme avant de lancer de nouvelles opérations lourdes à la mer.

Pour les études traitant des **paléoenvironnements et des paléoclimats**, le CNER note l'excellence des résultats des équipes françaises sur la calibration des indicateurs biologiques et géochimiques, sur la variabilité climatique à l'échelle glaciaire-interglaciaire, sur les périodes de variation rapide du climat, sur les reconstitutions climatiques des derniers millénaires et sur la modélisation à partir des données paléoclimatiques. Dans ce domaine, la place internationale éminente de la recherche française est universellement reconnue.

Le comité s'interroge toutefois sur l'actuel éclatement des approches paléoclimatiques et paléoenvironnementales entre plusieurs programmes (Dynamique du climat, récifs coralliens, Variabilité de l'environnement de la Terre) et sur le cloisonnement relatif existant entre les études menées à partir des sédiments marins et celles menées sur des sites continentaux.

Le CNER recommande la mise en place, dans un cadre dépassant l'océanographie, d'un programme national de paléoclimats / paléoenvironnements à l'échelle planétaire.

L'océanographie côtière

Les recherches en océanographie côtière sont organisées en quatre programmes nationaux.

Le **programme national d'océanographie côtière** a apporté des résultats nouveaux et importants dans deux domaines :

- 1) les bilans biogéochimiques à méso-échelle des façades Manche, Atlantique et Méditerranée, avec notamment un bilan des apports de la Seine, de la Gironde et du Rhône à l'océan et la modélisation en trois dimensions de la circulation des masses d'eau ;
- 2) la gestion des zones côtières, notamment en ce qui concerne les phénomènes d'eutrophisation liés aux apports en fertilisants agricoles, la survie des germes pathogènes en mer et les conditions du maintien ou non de leur pathogénicité, les relations entre dynamique biogéochimique des milieux lagunaires et aquaculture (étang de Thau).

Le CNER constate que la volonté d'insertion de l'approche socio-économique au sein de ce programme se traduit globalement par un échec sur lequel il convient de s'interroger. Le comité note par ailleurs que les préoccupations en matière de biodiversité demeurent totalement absentes de ce programme.

Pour l'étude des **récifs coralliens**, la communauté française est la troisième au monde, derrière les États-Unis et l'Australie. Les recherches des années récentes ont été focalisées sur le cycle du carbone, des carbonates et des nutrilités. Des résultats très significatifs ont été obtenus sur :

- 1) le métabolisme des coraux et des macrophytes ;
- 2) les bilans en carbone et carbonates des systèmes coralliens (fixation / exportation, croissance récifale / bioérosion) ;
- 3) les flux de nutriments et le fonctionnement des lagons d'atoll ;
- 4) l'écologie comparée des atolls (Tuamotu) ;
- 5) les reconstitutions paléocéanographiques et paléoclimatologiques.

Le comité regrette que ces travaux amont, de grande qualité, ne prennent pas explicitement en compte, sauf rares exceptions, et ne traduisent pas en thématiques de recherche les questionnements induits par les usages, y compris halieutiques, des milieux lagunaires et récifaux ainsi que les modifications anthropiques de ces milieux.

Pour les études sur les **efflorescences algales toxiques**, le CNER relève des progrès très significatifs dans :

- 1) la connaissance des facteurs biotiques et physiques (méso-échelle et petite échelle) qui favorisent les efflorescences algales ;
- 2) la connaissance des comportements adaptatifs des espèces algales toxiques ;
- 3) la détection biologique et physicochimique des phycotoxines ;
- 4) la compréhension de leur bioaccumulation et l'évaluation de leur risque pour la santé humaine.

Le comité estime que ce domaine, dans lequel les équipes françaises sont en pointe sur le plan international, constitue un des meilleurs exemples de pluridisciplinarité effective et efficace en océanographie.

Concernant l'étude du **déterminisme du recrutement** des populations marines, exploitées ou non, le CNER note le rôle pionnier joué par la communauté française sur le plan international depuis le milieu des années 1980. Des résultats importants ont été acquis sur :

1) le cycle biologique d'un certain nombre d'espèces cibles (sole, coquille Saint Jacques, coque, annélide *Pectinaria* pour les eaux côtières métropolitaines, thons et poisson méso-pélagique *Vincigueria* pour l'Atlantique tropical) dans leur environnement hydrodynamique (effets de rétention, d'advection ou de dispersion) et biotique (accessibilité de la nourriture, relations inter-spécifiques et prédation) et leurs relations avec le substrat benthique. Ces résultats ont permis le développement de modèles de simulation de la dynamique des populations ;

2) les séries à long terme et les relations entre conditions environnementales et recrutement.

Malgré ces avancées, le comité constate que le rapprochement souhaité par ce programme entre écologistes marins et halieutes est loin d'être effectif.

Le CNER considère donc que les résultats obtenus en océanographie côtière sont de grande qualité et de niveau international. Il constate que la communauté concernée s'est progressivement structurée autour des objectifs pluridisciplinaires des quatre programmes côtiers existants, mais que la volonté d'insertion des approches socio-économiques a été un échec.

Le CNER estime que l'éclatement actuel de cette importante thématique entre quatre programmes ne répond pas aux nécessités d'une étude intégrée des zones côtières. En conséquence il recommande la mise en place d'un grand programme national traitant de l'environnement côtier. Ce programme devrait se décliner :

- en un nombre limité de chantiers géographiques pluridisciplinaires correspondant à une traduction effective en termes d'expertise et de recherche des questionnements induits par les usages des milieux littoraux. Ceci suppose une participation systématique des décideurs et des utilisateurs locaux aux réflexions et aux évaluations et une intégration effective des approches propres aux sciences de l'homme et de la société ;

- en thématiques transversales, propres au milieu côtier (biodiversité, cycles biologiques, hydrodynamique et transport des sédiments, devenir des contaminants en mer, évolution du trait de côte, économie et conflits d'usage,...) ou assurant les liens avec les recherches sur l'environnement planétaire (grands cycles biogéochimiques, relations entre circulation générale et hydrodynamique côtière, conséquences locales de la variabilité climatique,...) et les recherches halieutiques (déterminisme du recrutement,...) et aquacoles.

Le comité estime enfin que la réflexion sur la nécessaire mise en synergie des séries d'observation à long terme, pilotées par l'INSU et les stations marines, et des réseaux nationaux de surveillance (qualité du milieu marin, surveillance microbiologique, surveillance phytoplanctonique) à la charge de l'IFREMER, devraient se faire dans le cadre de ce grand programme national.

Enfin, les chantiers géographiques de ce programme devraient faire plus systématiquement l'objet de collaborations internationales dès le niveau de la conception, notamment avec le Royaume-Uni pour la Manche.

Les recherches halieutiques

Les recherches halieutiques sont menées par l'IFREMER, essentiellement dans les eaux communautaires, et par l'ORSTOM dans un certain nombre de chantiers tropicaux (pays en développement, départements et territoires d'outre-mer). La pêche est une des activités importantes des régions côtières (90 % du tonnage des captures proviennent des zones côtières) et l'halieutique ne peut être dissociée de l'océanographie côtière.

Ces recherches sont conduites selon deux axes complémentaires et indissociables :

- 1) la collecte, la validation et l'analyse sur des périodes longues de données fiables sur les captures, les pêcheries et l'état des stocks exploités, ainsi que l'amélioration des méthodes et techniques directes et indirectes permettant d'atteindre ces objectifs. Ces données, qui viennent compléter, voire corriger, les données fournies par les professionnels et l'Administration ou suppléer leur absence dans certains cas, sont essentielles pour diagnostiquer l'évolution probable des stocks et pour définir, sur des bases scientifiques objectives, les politiques d'exploitation (définition des totaux admissibles de capture, établissement de quotas, fixation des droits de pêche, définition de normes pour les engins de pêche voire interdiction de certains d'entre eux,...) dans un contexte de surexploitation mondiale de la ressource ;
- 2) l'étude des mécanismes physiques, biogéochimiques et biologiques, des techniques et des conditions socio-économiques qui déterminent l'évolution des stocks exploités et des écosystèmes qui les abritent.

Pour l'acquisition systématique et l'analyse des données, tâche d'observatoire ingrate mais indispensable, le CNER constate que les équipes de l'IFREMER jouent bien le rôle qui leur est attribué dans le cadre de la politique commune des pêches de l'Union européenne, tout comme les équipes de l'ORSTOM jouent un rôle essentiel pour le suivi des captures et des stocks de thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique et l'océan Indien. Concernant l'ORSTOM, le comité s'interroge sur la viabilité et l'utilité de la recherche halieutique dans un certain nombre de pays où ces indispensables données de base ne sont plus, ou très partiellement, collectées.

Les chercheurs français jouent un rôle significatif dans les forums internationaux (Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), *International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna*,...), même si la représentation française au sein des différents comités du CIEM n'est pas à la hauteur de la qualité et de l'importance de ses contributions et que la notoriété des travaux français, par un déficit de publications de niveau international, reste inférieure à leur qualité intrinsèque.

Des avancées importantes ont été faites dans le développement et l'utilisation de l'acoustique pour l'estimation des stocks de poissons pélagiques, dans la détermination de l'âge des poissons à partir des pièces dures (sclérochronologie), dans l'amélioration des outils d'origine géostatistique permettant d'optimiser les plans d'échantillonnage et l'analyse des données, et dans les modèles de dynamique des populations exploitées.

Le comité considère que les études sur l'évolution des capacités techniques de capture des flottilles de pêche demeurent largement en deçà des besoins exprimés par les gestionnaires des pêches.

Sur le deuxième volet de ces recherches, le comité relève des résultats importants, notamment dans la compréhension du comportement individuel et collectif (structure et évolution des bancs), et donc de la capturabilité des espèces pélagiques (pélagiques côtiers et thonidés), dans la compréhension de la distribution spatio-temporelle des espèces exploitées ou exploitables et dans la discrimination entre stocks sur des bases génétiques. Les résultats acquis dans le cadre du programme national sur le déterminisme du recrutement entrent aussi dans ce volet. Le comité relève par ailleurs un certain nombre de faiblesses : au delà de quelques études tout à fait originales menées essentiellement par l'ORSTOM, le comité constate notamment une valorisation scientifique encore insuffisante des uniques séries de données acquises en halieutique pendant plusieurs décennies, un développement encore embryonnaire des travaux sur les impacts de la pêche sur les écosystèmes marins et une absence d'effort organisé pour l'étude de la structure et du fonctionnement des peuplements pluri-spécifiques au sein desquels se trouve les espèces exploitées. Ces faiblesses sont dues à une synergie médiocre entre halieutes et écologistes, déjà relevée précédemment. Par ailleurs, les études socio-économiques appliquées aux pêches maritimes ne mobilisent qu'un trop faible nombre de chercheurs, travaillant de manière souvent isolée.

Le CNER recommande de développer les synergies entre halieutes et écologistes d'une part, entre halieutes et socio-économistes d'autre part en intégrant les problématiques « amont » et « aval » de la recherche halieutique dans le grand programme d'environnement côtier proposé plus haut. Le CNER recommande un développement des enseignements d'halieutique – aujourd'hui cantonnés à une école nationale supérieure d'agronomie et à une école vétérinaire – au sein des enseignements universitaires en biologie marine et une meilleure prise en compte des problématiques de la recherche halieutique dans la communauté universitaire et au CNRS.

La vie dans l'océan profond

Les études menées dans le cadre du programme national Dorsales-biologie, volet français du programme international InterRidge, ont pour objectifs majeurs la compréhension des adaptations écologiques et physiologiques des peuplements associés aux phénomènes hydrothermaux (conditions d'établissement des symbioses entre bactéries chimiosynthétiques et invertébrés divers à la base du réseau trophique « hydrothermal » notamment), l'analyse de la dynamique des peuplements qui se développent sur des sites hydrothermaux à courte durée de vie, ainsi que les singularités et les potentialités biotechnologiques des bactéries extrêmophiles.

Le CNER note que ce programme de biologie et de microbiologie, lancé dès 1983 à la suite des découvertes de la fin des années 1970, a su définir et conduire en France un axe de recherche majeur : la comparaison entre les phénomènes associés à une dorsale rapide (13°Nord dans le Pacifique oriental) et ceux associés à une dorsale lente (Atlantique au niveau des Açores). Les équipes françaises concernées sont en pointe au niveau mondial (seconde place derrière les États-Unis) et ont un taux de publication très élevé. L'association étroite des microbiologistes et des écologistes est une des raisons du succès de ces recherches.

Parmi les résultats de ces dernières années, le comité retient plus particulièrement ceux obtenus en biotechnologie à partir des bactéries recueillies sur les sites hydrothermaux (une enzyme hautement thermostable et particulièrement active a été récemment mise sur le marché ; une autre bactérie active à des températures élevées a été récemment isolée) et les développements récents en génétique (séquençage complet prévu de *Riftia pachyptila* et de sa bactérie symbiote chimiosynthétique, pour tester l'existence d'échange de gènes au cours de l'établissement de la symbiose).

Le CNER estime qu'il convient de soutenir cette thématique et la réalisation des campagnes demandées pour 1999 dans le Pacifique. Une extension des recherches vers l'Atlantique sud et une prise en compte des peuplements associés aux venues d'eaux plus froides, notamment celles des marges océaniques, seraient souhaitables.

Les grands fonds et les marges océaniques

Les études consacrées aux **zones de formation de la croûte océanique** sont organisées dans le cadre du programme Dorsales-géosciences, volet français du programme international InterRidge. La dorsale médio-atlantique a focalisé une grande partie des efforts français, mais des campagnes ont aussi été réalisées sur les dorsales indienne et Est-Pacifique. Des résultats significatifs et largement publiés ont été acquis sur le fonctionnement des sites hydrothermaux et la métallogénèse associée, sur la tectonique et l'architecture de la croûte océanique et sur les évolutions magmatiques. À l'aune des avancées internationales, le CNER constate toutefois un déficit français dans l'utilisation des moyens géophysiques, notamment sismiques. Le CNER note une grande dispersion géographique et thématique des résultats, le caractère parfois répétitif et monographique de l'approche et souligne un manque de définition claire des objectifs prioritaires à moyen terme.

Le CNER recommande la poursuite de ce programme, mais il considère que les objectifs des géosciences dans ce domaine demanderaient à être redéfinis et évalués dans un contexte programmatique plus large. Il conviendrait notamment, au terme de la phase qui s'achève, que l'INSU, en liaison avec les autres organismes concernés, fasse réaliser un audit international des résultats avant de définir les objectifs prochains et la part que la France souhaite prendre au sein du programme international.

Les travaux consacrés aux **marges océaniques** ne font pas l'objet d'un programme national, mais sont menés par des équipes d'une grande vitalité et de qualité reconnue internationalement. Des résultats importants ont été acquis ces dernières années sur :

1) la structure et la dynamique des marges passives divergentes ou transformantes avec notamment la caractérisation de la transition continent-océan et la mise en évidence de la signature géologique du contact tectonique croûte supérieure – manteau et les modalités de la dénudation tectonique du manteau ;

- 2) l'influence de la géodynamique de la marge sur le continent voisin et des apports fluviaux sur la sédimentation des marges (maigres ou grasses) ;
- 3) les processus de la subduction, tant en ce qui concerne la structure des prismes d'accrétion que le rôle et le bilan des circulations de fluides dans les marges convergentes, la nature et la provenance de ces fluides, leur liaison avec les communautés benthique et le fonctionnement des diapirs argileux.

Le CNER estime que les efforts français dans ce domaine sont là encore trop dispersés thématiquement et géographiquement (Galice, Méditerranée occidentale et orientale, Caraïbes, Japon, sud-ouest Pacifique, Chili, Pérou et Équateur, marge transformante d'Afrique centrale).

Par ailleurs, l'intérêt pour les marges passives a explosé dans le monde pétrolier au cours des derniers mois après des découvertes de ressources exploitables de pétrole et de gaz. On prévoit d'ores et déjà que d'ici une quinzaine d'années, entre le cinquième et le quart du pétrole et du gaz viendront du domaine marin profond (entre 300 et 3 000 m).

Le CNER recommande de bâtir, en liaison avec les programmes nord-américain (« Margins ») et britannique (« Oceanic margins »), un programme national d'étude intégrée, à terre et en mer, des marges océaniques, comportant deux axes majeurs : les marges, lieux de ressources énergétiques pour le futur et les marges, lieux de risques naturels. Trois thèmes apparaissent prioritaires :

- 1) l'offshore profond : son intérêt en tant que modèle et en tant que nouveau défi pour nos besoins énergétiques ;
- 2) le fonctionnement des zones sismogéniques, le rôle des fluides, les transferts de matière au sein des marges actives ;
- 3) les processus sédimentaires, le piégeage et la circulation des fluides, les remobilisations au sein de la couverture superficielle.

Les organismes de recherche et les compagnies pétrolières nationales devraient s'associer, sous des formes à définir, pour la mise en place de ce programme.

La participation française au programme international ODP – L'étude des grands fonds océaniques repose prioritairement sur les données acquises par des forages. Depuis la fin des années 1970, la France participe aux programmes internationaux de forage scientifique (International Programme of Ocean Drilling – IPOD, puis Ocean Drilling Programme – ODP) à titre de membre plein. L'IFREMER représentait la France au sein des instances décisionnelles du programme ; la communauté concernée est essentiellement celle du CNRS et des Universités.

Des résultats importants ont été acquis ces trois dernières années par des chercheurs français embarqués sur le navire océanographique foreur *Joides Resolution*. Citons : la structure et le fonctionnement de la marge transformante Ghana-Côte d'Ivoire ; la modélisation des circulations de fluides dans le prisme de la Barbade ; la formation des sapropels et l'origine de leur matière organique en Méditerranée orientale ; la géochimie fine des hydrates de gaz de la marge passive américaine ; la métallogénèse liée aux circulations hydrothermales en domaine de dorsale sédimentée.

On note toutefois un déséquilibre entre la participation effective des chercheurs français aux campagnes de forage et aux campagnes préparatoires d'une part, et l'importance du coût du programme pour la France (cotisation annuelle de 2,95 M\$ US) d'autre part. Un lien explicite manque entre ce programme et les thématiques prioritaires des géosciences françaises. Le ministre chargé de la recherche a décidé, il y a quelques semaines, de ramener la contribution française à un montant représentant entre le tiers et les deux tiers de la cotisation de membre à part entière, ce qui implique l'association avec un autre partenaire comme cela a été le cas entre l'Australie et le Canada.

Par rapport à l'effort international et au projet japonais de grand navire de forage, il importe que la France soit présente et active dans un domaine stratégique où elle a joué un rôle important et où de nouveaux enjeux apparaissent (pétrole profond).

L'importance des sondages océaniques et l'intérêt de la communauté française scientifique et industrielle justifient la poursuite de la participation française au programme international de forage profond (Ocean Drilling Programme). Le CNER recommande que l'INSU, chargé depuis peu d'ODP-France, en renforce fortement l'organisation, mobilise une large communauté et recherche une meilleure adéquation entre les cibles de ODP et les objectifs des programmes nationaux « Paléoclimatologie », « Dorsales » et « Marges ».

Les technologies marines nécessaires à la recherche océanographique

L'analyse du comité s'est focalisée sur les développements techniques liés directement à la recherche océanographique et n'a pas abordé ce qui relève des transports maritimes, de l'offshore pétrolier, des matériaux adaptés à l'environnement marin, de la géotechnique, des techniques de pêche, des biotechnologies ou de l'agro-alimentaire. L'IFREMER, conformément à ses missions, apporte une contribution notable dans certains de ces domaines. Le comité s'est ainsi penché sur la construction de nouveaux navires de recherche et la mise au point d'engins lourds de pénétration sous-marine – ce point sera traité plus loin avec l'analyse de la flotte – et le développement des équipements scientifiques des navires et des instruments océanographiques autonomes.

Concernant les **équipements scientifiques des navires**, le CNER relève notamment des développements suivants :

- système de positionnement de chalut PACHA développé par l'IFREMER et Thomson Marconi Sonar et commercialisé par cet industriel ;
- sondeur acoustique OSSIAN et logiciels associés pour l'étude par écho-intégration des stocks et du comportement des espèces exploitées. Ces développements associent l'IFREMER à la société MICREL, qui en assure la commercialisation ; l'ORSTOM est intervenu dans les développements logiciels et la validation ;
- logiciels pour la cartographie des fonds par sondeurs multi-faisceaux, développés par l'IFREMER pour les sondeurs équipant les navires de la flotte hauturière. Ces logiciels sont maintenant utilisés sur d'autres navires français et étrangers et par les équipes scientifiques pour le traitement des données acquises au cours des campagnes ;

Le comité s'est interrogé sur le développement par l'IFRTP et un grand industriel national d'un sondeur multi-faisceaux de nouvelle génération pour le Marion Dufresne II lancé en 1995. Cet instrument n'est pas encore au point, ce qui limite les capacités du navire ⁽¹⁾. Les raisons et les modalités de ce choix technique ne paraissent pas convaincants.

Pour les **instruments océanographiques**, plusieurs outils développés en partenariat industriel et ayant abouti à une production à caractère semi-industriel apparaissent comme des réussites sur les plans technique et scientifique :

- le flotteur lagrangien MARVOR mis au point par l'IFREMER et Tekelec Systèmes. Instrumentés pour la mesure de la pression et de la température jusqu'à 2500 mètres de profondeur et la transmission des données par satellite, ces flotteurs d'une autonomie de trois ans permettent le suivi du déplacement des masses d'eau. Ils ont notamment été utilisés dans le cadre d'études de la circulation océanique à grande échelle et à méso-échelle dans l'Atlantique. Ils sont maintenant commercialisés. Un profileur de température dérivé de MARVOR est en cours de mise au point avec le même industriel. Un projet de profileur eulérien est en phase d'étude avec un autre industriel.
- la bouée dérivante CARIOCA mise au point par un consortium de laboratoires piloté par l'UMR 121 (LODYC) associé à SERPE-IESM, et équipée d'un spectromètre (conçu et réalisé par la division technique de l'INSU) pour la mesure de la pression partielle de CO₂ à la surface de l'océan. La construction industrielle vient de débuter. Un développement en cours concerne la mesure de l'alcalinité des carbonates ;
- deux instruments pour les études d'environnement côtier : le granulomètre laser développé par l'IFREMER et CILAS et l'appareil d'analyse bactériologique MALTUS développé par l'IFREMER et Radiometer.

Les informations reçues par le CNER ne permettent pas de déterminer le coût de conception et de développement de ces équipements.

D'autres instruments sont en cours de développement, notamment :

- les bouées de « mesures automatisées en réseau pour l'environnement littoral » (bouée MAREL), développées par l'IFREMER et plusieurs industriels pour la mesure de paramètres du milieu marin côtier. Un réseau prototype est installé en baie de Seine. Le comité n'a pas obtenu d'information sur le fonctionnement et la fiabilité de ces bouées, la qualité et l'utilité des données pour les scientifiques, les aménageurs, les collectivités et les usagers ;
- le véhicule profileur de subsurface (-50 à -1000 m) YOYO développé depuis déjà plusieurs années par l'UMR 121 (Paris) et la division technique de l'INSU, et un analyseur de sels nutritifs destiné à équiper le profileur développé par l'UMR 5566 (Toulouse) et la division technique de l'INSU ;
- un prototype d'analyseur *in situ* (0 à -6000 m) de sels nutritifs développé par l'IFREMER et l'INSU (UMR 6539 à Brest et division technique).

1. Sur ce point la situation a évolué favorablement. Le sondeur du N/O Marion Dufresne II a donné des résultats exploitables de qualité à partir des campagnes de fin 1997.

Le CNER constate que les réalisations les plus convaincantes se situent dans le domaine de l'acoustique, des développements logiciels et dans l'instrumentation pour les études de l'« océan global ». Les développements instrumentaux concernant l'environnement côtier et les séries à long terme à point fixe sont jugés beaucoup moins convaincants par le comité qui s'interroge, sans avoir pu en faire l'analyse détaillée, sur la manière dont ces projets sont conduits.

Il convient de citer enfin, dans un autre domaine, les expériences et études préliminaires réalisées par l'Institut de physique du globe de Paris, l'UMR « Domaines océaniques » de Brest et la division technique de l'INSU, en vue de la mise au point d'observatoires « fond de mer » pour les études sismiques et magnétiques.

Le CNER recommande la mise en place, dans le cadre du programme national sur l'environnement côtier, d'un groupe de travail inter-organismes ayant pour mandat de définir les priorités en matière de développement de l'instrumentation pour le suivi de l'environnement côtier.

Le comité recommande la poursuite des études pour le développement des observatoires géophysiques « fond de mer ».

Le CNER recommande un net renforcement de la coopération entre l'INSU et l'IFREMER pour les développements instrumentaux.

Les moyens (hors flotte) et l'organisation des programmes

Les laboratoires et les personnels

La saisine du ministre chargé de la recherche n'impliquait pas que le CNER se penchât sur la structure des laboratoires et le personnel de recherche en océanographie. Toutefois, l'examen des programmes et les échanges avec les acteurs de cette recherche amènent le comité à faire un certain nombre de recommandations dans ces domaines.

1) S'agissant des personnels, les enjeux de la recherche océanographique imposent de rénover, par une politique dynamique de l'emploi scientifique, le potentiel vieillissant de chercheurs dans les secteurs thématiques à développer. C'est en particulier le cas pour la biologie marine, y compris la systématique. Les avancées récentes en modélisations supposent aussi de renforcer le potentiel humain dans ce champ, notamment pour la modélisation couplée entre physique, biogéochimie et biologie et les développements des modèles emboîtés. Une remarque similaire peut être faite pour les applications de la microbiologie et de la génétique au domaine marin. Enfin, le domaine de l'hydrodynamique côtière et du transport sédimentaire mérite une attention plus soutenue.

2) Le CNER constate un déséquilibre croissant entre la qualité et la quantité des données acquises grâce au niveau actuel de technicité des instruments embarqués (sur les navires ou les satellites) et autonomes et les capacités réelles de traitement de ces données dans les laboratoires. Ceci est plus particulièrement vrai dans le domaine des géosciences, notamment pour la sismique. Le schéma des laboratoires spatiaux du CNRS/INSU, qui

assurent avec un soutien financier du CNES la réalisation des instruments scientifiques embarqués sur les satellites et l'exploitation des données, est un modèle qu'il conviendrait de suivre en océanographie, quitte à être limitatif sur le nombre des laboratoires sélectionnés. Cette option suppose de renforcer la structure de ces laboratoires qui manquent par trop d'ingénieurs et de techniciens.

3) Sur ce point, et suite à un certain nombre de remarques reçues d'experts scientifiques étrangers, le CNER insiste sur l'obligation qu'ont les équipes de mettre à disposition de la communauté les données acquises dans des délais raisonnables, deux ans au maximum pour une équipe travaillant seule sur une opération, dès leur validation et leur mise en forme entre équipes coopérant au sein d'un même projet. Ceci suppose que les organismes portent une attention particulière à la gestion des bases de données et y consacrent les moyens et le personnel technique nécessaires.

Financements incitatifs nationaux et financements européens et programmes internationaux

Le constat

Les financements incitatifs mis en place dans le cadre des programmes nationaux, dont la plupart ont été examinés plus haut, se sont élevés à 15,7 MF par an en moyenne sur la période 1994-1997. Ils représentent donc moins de 1 % des dépenses consolidées annuelles de la recherche océanographique civile française et environ 8,5 % du total des dépenses annuelles de fonctionnement des équipes.

Le CNER constate que, sauf dans quelques cas où un organisme joue un rôle incitatif national (le CNES pour le programme national de télédétection spatiale, l'IFREMER pour trois des programmes côtiers), les programmes ne correspondent pas dans les faits à une mise en commun de moyens financiers. Par accord tacite, chaque organisme « retrouve sa mise ». Les financements affichés par certains organismes pour un programme national sont parfois extrêmement faibles (30 000 F / an du BRGM pour Dorsales ou 50 000 F / an de Météo France pour le programme national de télédétection spatiale). Cette situation à la limite de l'absurde s'explique par le fait que la participation aux comités scientifiques et aux comités inter-organismes des programmes est réservée aux organismes financeurs, quelle que soit la hauteur du financement.

Une grande disparité existe dans la manière dont les organismes participent aux programmes nationaux :

- pour l'INSU (52 % des crédits incitatifs de l'océanographie), les programmes font partie intégrante d'un mode de fonctionnement et d'orientation des recherches des équipes CNRS/Universités et il n'y a pas différence fondamentale entre programmes propres et programmes inter-organismes ou nationaux. L'INSU essaye de jouer un rôle national d'agence d'objectifs mais n'a qu'un rôle marginal, au niveau des financements, vis-à-vis d'équipes des autres organismes et même vis-à-vis des départements du CNRS autres que le département des sciences de l'univers ;
- l'ORSTOM participe aux programmes nationaux pour élargir le champ géographique d'application de la recherche française et insérer ses propres équipes au sein de la

communauté nationale, mais ne joue pas suffisamment (3,5 % des crédits incitatifs de l'océanographie), vis-à-vis de l'ensemble de la communauté scientifique, le rôle d'agence d'objectifs et de moyens pour les recherches dans les pays en voie de développement et les départements et territoires d'outre-mer ;

- l'IFRTP joue un strict rôle d'agence de moyens, à travers l'attribution de crédits d'accompagnement aux équipes qui réalisent des campagnes sur les navires dont il assure la mise en œuvre (7 % des crédits incitatifs de l'océanographie) ;

- l'IFREMER (24 % des crédits incitatifs de l'océanographie) a un rôle effectif d'agence d'objectifs mettant en place des crédits incitatifs significatifs dans les domaines intéressant l'organisme, notamment le domaine côtier. En répartissant de tels moyens auprès des équipes des autres organismes, il est le seul des trois établissements publics concernés à agir de la sorte de manière significative.

Une grande disparité existe dans la conduite des programmes nationaux et la manière dont sont gérés les financements incitatifs.

En 1996, seule année pour laquelle une information complète sur les crédits européens en provenance du PCRD et « hors PCRD » a pu être réunie pour les trois organismes concernés (INSU – CNRS/SDU, IFREMER, ORSTOM), le « retour » pour les équipes françaises est estimé à 40,2 MF (30,0 MF sur le PCRD dont un peu plus de la moitié en provenance du programme Science et technologie marines (MAST), 10,2 MF hors PCRD pour l'essentiel dans le domaine des pêches). Il s'agit là d'une estimation par défaut car elle ne prend pas en compte les financements obtenus en océanographie par des équipes associées au département sciences de la vie du CNRS. Les crédits européens obtenus par les équipes françaises dans le domaine de l'océanographie, qui augmentent d'année en année (doublement sur le PCRD entre 1994 et 1996) sont donc au moins trois fois plus importants aujourd'hui que les crédits incitatifs des programmes nationaux, qui eux sont en légère régression sur la même période.

Cette situation pose le problème de la viabilité des programmes nationaux comme structure de mobilisation et d'incitation.

Les recommandations

Face à cette situation, le CNER considère qu'il importe de revenir à une conception d'abord scientifique des programmes nationaux, avec quelques principes simples pour l'affectation des moyens.

Un programme national devrait être en premier lieu une instance de réflexion collective, d'animation scientifique et de fédération entre disciplines autour d'une thématique. Ceci suppose que tous les organismes impliqués dans des recherches relevant de la thématique d'un programme soient effectivement représentés dans le comité de programme, indépendamment des aspects financiers.

Un programme national doit être aussi une instance d'explicitation par les organismes de leur politique vis-à-vis de la thématique du programme et de dialogue entre les experts du domaine considéré et les responsables des organismes. Ceci milite pour des comités de programme uniques, à la fois comité scientifique et comité inter-organismes, comme c'est déjà le cas pour certains d'entre eux.

Le CNER estime par ailleurs que les comités de programme devraient être systématiquement informés des projets européens (avec participation d'équipes françaises) correspondant à leur thématique et devrait jouer un rôle fédérateur et incitatif pour la communauté scientifique vis-à-vis de l'Europe. Les responsables de programmes ont par ailleurs un rôle important à jouer pour l'insertion internationale de leur programme.

Tous ces éléments vont dans le sens d'un renforcement de la direction scientifique des programmes et des moyens de son action.

Concernant l'évaluation des propositions de recherche au sein des programmes, le comité constate que l'évaluation *ex-ante* est généralement bien faite par les experts des comités de programmes, mais qu'un déficit assez général existe dans l'évaluation *ex-post* des résultats des programmes et dans la « restitution » de ces résultats notamment pour les programmes finalisés.

Pour les programmes ayant des finalités appliquées explicites, le CNER insiste sur l'importance des termes de référence des appels d'offre et sur la nécessité de respecter, pour la validation des projets de recherche, des critères explicites d'éligibilité conformes à ces termes de référence. Pour ces programmes, le CNER estime que la consultation des utilisateurs doit être formalisée à travers des comités *ad hoc*, du type de celui mis en place depuis 1997 pour le programme national d'océanographie côtière.

S'agissant des moyens enfin, il n'est pas sain qu'un programme national soit un guichet pérenne distribuant des compléments de crédits de soutien de base.

Le CNER estime que l'octroi de moyens incitatifs sur objectifs ne devrait se faire que pour quelques opérations lourdes impliquant plusieurs équipes, de préférence d'organismes différents, et marquant une étape significative d'un programme, validée par le comité de programme.

Toutefois, et afin de faciliter l'innovation de chercheurs individuels ou de petits groupes, chaque programme pourrait retenir le principe d'une ligne de financement spécifique pour des projets originaux entrant dans la définition générale du programme mais ne relevant pas des lignes de recherche spécifiées dans l'appel d'offres.

Sur le point particulier des programmes de géosciences utilisant *pro parte* des moyens à la mer, le CNER recommande que les crédits de participation aux campagnes et les crédits d'exploitation des données acquises au cours des campagnes, aujourd'hui répartis par un comité *ad hoc*, soient intégrés dans les budgets des programmes correspondants comme pour les travaux « à terre ».

Le comité estime que les crédits incitatifs des programmes nationaux en océanographie se situe à un niveau qui devrait permettre aux comités de programmes de jouer, dans les conditions définies ci-dessus, leur rôle d'incitation et d'animation et que l'enjeu aujourd'hui est plutôt l'augmentation des crédits de soutien de base des équipes, dans le système CNRS – universités du moins.

Dans ce cadre, le CNER estime que la responsabilité de l'initialisation et de la révision des programmes nationaux ne devrait dépendre que de deux organismes, l'IFREMER pour l'océanographie côtière et l'halieutique, l'INSU pour les domaines de l'environnement planétaire et des géosciences. Il est de leur mission d'organiser les travaux préalables pour en revoir périodiquement la liste et le contenu. Il relève aussi de leur responsabilité d'en prévoir et d'en organiser l'évaluation.

La flotte et l'évaluation des demandes de campagne à la mer

Recommandations concernant la flotte

La flotte et les engins de pénétration sous-marine

La **flotte océanographique hauturière gérée par l'IFREMER** (voir le *tableau 3*) a été modernisée, en même temps que croissait le tonnage moyen des unités, conformément au plan de renouvellement de la flotte défini en 1986 : mise en service du navire océanographique (N/O) L'Atalante en 1990 et du nouveau N/O Thalassa en 1996 ; la modernisation du N/O Le Suroît, initialement prévue pour fin 1997, est finalement programmée, en raison d'impératifs techniques, pour le deuxième semestre de 1998.

Cette flotte hauturière est, de l'avis pratiquement unanime des utilisateurs français et des chercheurs étrangers qui la connaissent, de très bonne qualité générale. Sur le N/O L'Atalante et le N/O Thalassa les équipements sont particulièrement modernes et complets, notamment en ce qui concerne les réseaux informatiques de bord, l'acoustique et les sondeurs multi-faisceaux. La modernisation du N/O Le Suroît devrait permettre de disposer en plus au printemps 1999 d'un navire intermédiaire polyvalent, équipé entre autres d'un réseau informatique performant et d'équipements scientifiques modernes, dont un sondeur multi-faisceaux, un carottier et des laboratoires adaptés.

Concernant cette flotte, la question en suspens est celle du remplacement du N/O Nadir dont l'état général ne permet pas d'envisager qu'il puisse continuer à naviguer au delà de 2001. Ce navire lancé en 1974 sur une architecture de *supply ship* de l'industrie pétrolière est uniquement un navire porte-engins (mise en œuvre du Nautile), dépourvu de tout équipement moderne et de surfaces de laboratoires et d'hébergement décent des équipes scientifiques. Cette situation est à l'origine de la proposition de l'IFREMER de remplacer le N/O Nadir par un navire d'exploration profonde, conformément au plan de renouvellement de la flotte de 1986. Ce nouveau navire capable de mettre en œuvre les submersibles habités et télé-opérés doit être doté d'un système de positionnement dynamique, de tous les équipements modernes d'un navire polyvalent, dont un sondeur multi-faisceaux, et de capacités d'accueil et de travail pour plus d'une vingtaine de scientifiques. L'IFREMER prévoit sa mise en service au plus tard en 2002.

Le **N/O Marion Dufresne**, le plus grand navire de la flotte hauturière française de recherche et remplaçant le navire homonyme lancé en 1973, a été mis en service en 1995 sous l'égide des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) en dehors du plan de renouvellement de la flotte hauturière selon des modalités qui ont à l'époque fait l'objet d'un contrôle de la Cour des comptes. Il est la propriété du GIE du même nom (99,98 % TAAF et 0,02 % Compagnie générale maritime) et est immatriculé aux Kerguelen. Il s'agit d'un navire polyvalent, à la fois navire de recherche océanographique, cargo (conteneurs et gazole) et paquebot (110 passagers), destiné à la desserte des îles sub-antarctiques (Kerguelen, Amsterdam, Crozet). Il n'a cependant pas les capacités d'un brise-glace. Plus haut sur l'eau que les navires océanographiques classiques, il possède de remarquables qualités maritimes ainsi qu'une vitesse de transit (14 nœuds) et une autonomie (supérieure à 60 jours) très appréciables.

Tableau 3 – Flotte française de recherche 1994-1997 (navires hauturiers)

Opérateur	Navire	Mise e service (année)	Longueur hors tout (m)	Jauge brute (Tx)	Déplacement en charge (T)	Équipage (minimum/maximum)	Équipe scientifique (maximum)*	Autonomie (j) /Vitesse de transit (nœuds)**	1994	1995	1996	1997
IFREMER	L'Atalante	1990	84,6	2 355	3 550	16/27	25	45/11				
	Le Suroît	1974	56,3	655	1 094	16/22	14	20/10				
	Le Noroît	1971	50,5	494		16/21	11					
	Thalassa I	1960	66,0	1 192		27/32	18					
	Thalassa	1996	74,5	2 055	3 022	16/25	25	45/11				
	Nadir	1974	55,7	980	1 857	13/15	25	32/10				
IFRTP	Marion Dufresne I	1973										
<i>La Réunion</i>	Marion Dufresne II	1995	120,5		4 871	27	110	60/14				
* Y compris l'équipe technique de mise en oeuvre des engins lourds, le cas échéant. ** Données représentatives d'une activité réelle, dans de bonnes conditions.												
SHOM	BO D'Entrecasteaux	1971	95,0		2 440	88	36					
	BH1 L'Espérance	1970	64,0		1 300	45	10					
	BH2 Lapérouse	1988	60,0		38	10						
	BH2 Borda	1988	60,0		38	10						
	<i>Nouméa</i> BH2 Laplace	1989	60,0		30	10						
	<i>Papeete</i> BH2 Arago	1991	60,0		30	1						

Il est notamment doté d'un carottier « géant », aujourd'hui unique au monde, qui permet l'obtention de carottes de plus de 50 mètres de long dans les grands fonds. Les premiers résultats obtenus par son sondeur multi-faisceaux, toujours en cours de mise au point, laissent présager des performances supérieures à celles des sondeurs existants.

Les **engins de pénétration sous-marine** constituent l'un des autres points forts de la flotte de recherche française. Ils sont au nombre de trois :

- la Cyana, sous-marin habité construit en 1974 et pouvant intervenir jusqu'à 3 000 mètres de profondeur ;
- le Nautille, sous-marin habité construit en 1984 et pouvant intervenir jusqu'à 6 000 mètres de profondeur ;
- le sous-marin télé-opéré ROV (*Remotely Operated Vehicle*) Victor 6000, pouvant intervenir jusqu'à 6 000 mètres de profondeur. Le véhicule lui-même est entré dans la phase des essais en mer et les réflexions sur son équipement scientifique ont commencé récemment.

La Cyana peut être mise en œuvre par le N/O L'Atalante, le N/O Le Suroît⁽¹⁾ et le N/O Nadir. Le Nautille est mis en œuvre soit, le plus souvent, par le N/O Nadir soit par le N/O L'Atalante. Le ROV Victor 6000 sera mis en œuvre par le N/O Thalassa et le N/O Atalante. Sous réserve d'aménagements à évaluer, le N/O Marion Dufresne devrait être susceptible de mettre en œuvre la Cyana et le ROV Victor 6000. Il est en revanche peu probable qu'il puisse mettre en œuvre le Nautille sans aménagements importants et coûteux.

Le comité estime que les réflexions sur l'avenir de la flotte hauturière et des sous-marins doivent prendre en compte deux évolutions importantes de la recherche océanographique et trois questions relatives aux moyens de pénétration sous-marine :

- en océanographie côtière, les campagnes sur le plateau continental évoluent vers des missions pluridisciplinaires plus lourdes et plus longues qui supposent l'utilisation de navires étalant le gros temps et plus importants que les actuels navires de façade. C'est dans cette perspective que se situe, en partie, le plan de modernisation du N/O Le Suroît ;
- en océanographie hauturière se développe l'utilisation d'instruments autonomes, fixes ou mobiles, dont la mise à l'eau et la récupération ne nécessitent pas systématiquement l'utilisation de navires océanographiques de recherche.

En matière de pénétration sous-marine, trois questions, auxquelles il est difficile de répondre aujourd'hui, sont posées :

- jusqu'à quel point les sous-marins téléopérés prendront-ils, pour la recherche, la relève des sous-marins habités ?
- compte tenu des réorganisations à envisager, quels seront à terme les besoins des géosciences en moyens de pénétration sous-marine ?
- compte tenu du fait que la France est la seule en Europe à disposer de tels engins, un élargissement sensible de l'usage des engins français de pénétration sous-marine à des équipes d'autres pays européens est-il envisageable ?

1. Par suite de l'évolution de la législation, le portique du N/O Le Suroît n'est plus adapté à la mise à l'eau de submersibles habités depuis le 1^{er} janvier 1998.

Tableau 4 – Flotte française de recherche 1994-1997 (navires de façade)

Opérateur <i>Port d'attache</i>	Navire	Mise en service (année)	Longueur hors tout (m)	Jauge brute (Tx)	Déplacement en charge (t)	Équipage (minimum/maximum)	Équipe scientifique maximum	Autonomie (j) / Vitesse de transit (nœuds)	1994	1995	1996	1997
IFREMER												
<i>CIRMED</i>	L'Europe	1994	29,6	260	264	8	8	8/8,5				
<i>CIRMAT</i>	Gwen Drez	1985	24,5	106	249	7	5	6/8,5				
<i>CIRMAT</i>	Thalia	1978	24,5	135		6	6	6/8,5				
INSU												
<i>CIRMAT</i>	Côtes de Normandie	1985	16,2	40		3	≤10					
<i>CIRMAT</i>	Côte d'Aquitaine	1980	19,0	69	88	6	6 à 9	3/9				
<i>CIRMAT</i>	Sépia II	1981	12,5	22	40	3	≤10	1/7				
<i>CIRMAT</i>	Côtes de la Manche	1997	24,9		230	7	8	10/10				
<i>CIRMED</i>	Prof. Georges-Petit	1982	20,4	76		6	6 à 9	5/8,5				
<i>CIRMED</i>	Antédon	1958	15,7	30		2	3 à 12	2/9				
<i>CIRMED</i>	Téthys II	1993	24,9		224	7	8	10/9				
ORSTOM												
<i>Lomé</i>	André Nizery	1970	24,0	119		14	6					
<i>Nouméa</i>	Alis	1987	28,4	199	330	12	6	18/9				
<i>Abidjan</i>	Antea	1996	34,9	421	405	12	11	28/10				
IFRTP												
<i>Kerguelen</i>	La Curieuse	1989	24,9	150	310	6	12	20/9				

Douze navires côtiers, dont dix véritables navires de façade armés à la pêche, sont actuellement mis en œuvre par les différents organismes (voir le tableau 4). Le nombre d'unités n'a pas varié au cours de la période 1994-1997, mais quatre des dix navires de façade ont moins de cinq ans d'âge et sont dotés de la plupart des équipements modernes et des capacités en laboratoires que leur taille autorise.

La question posée est celle du remplacement à terme des unités les plus anciennes (le N/O Gwen Drez et le N/O Thalia de l'IFREMER ; les N/O Côte d'Aquitaine et Professeur Georges-Petit de l'INSU) qui répondent de moins en moins aux exigences d'une recherche moderne.

Pour des raisons historiques de partage entre les flottes du CNRS et de l'IFREMER et pour des considérations administratives relatives à la sécurité et à la composition des équipages, les bateaux du CNRS, gérés par l'INSU sont limités à des unités de moins de 25 mètres de longueur.

Cette « règle » n'est suivie ni par l'IFREMER ni par l'ORSTOM, qui ont fait dans les années récentes le choix de la formule du catamaran, de 30 mètres (N/O L'Europe) et 35 mètres (N/O Antea) de longueur, ce qui augmente les capacités en laboratoires et en hébergement, sans réduire les capacités de navigation en zone littorale grâce à un faible tirant d'eau.

Le CNER estime que les réflexions sur la nécessaire modernisation des flottes de façade de l'INSU et de l'IFREMER doivent prendre en compte l'évolution, évoquée plus haut, de la nature des campagnes sur le plateau continental. Le comité considère que la limite administrative des 25 mètres ne doit plus être un tabou.

Le support technique (développement et mise en œuvre de la flotte et des outils)

Le développement des plates-formes et des instruments suppose un travail commun entre scientifiques, responsables de la définition des objectifs attendus pour ces matériels, et ingénieurs chargés de la conception et de la mise au point des prototypes. Le CNER constate que seul l'IFREMER dispose des équipes nécessaires pour ce faire au sein de sa direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI). Sur les 250 agents de cette direction, le comité a estimé que plus de 130 travaillent pour la flotte et les équipements (50 pour les navires et engins ; 20 pour l'informatique embarquée et la transmission des données ; 50 pour l'instrumentation ; 10 pour des interventions d'entretien ou de modernisation de faible ampleur des navires). Si l'on y ajoute 13 officiers électroniciens et 110 ingénieurs et techniciens « sédentaires embarqués » du GIE GENAVIR, chargés de l'entretien des outils et de leur mise en œuvre pendant les campagnes à la mer, ce sont près de 250 personnes qui travaillent à ou pour l'IFREMER dans la mise en œuvre, l'entretien et la modernisation de la flotte et des outils océanographiques, et dans la conception des navires et des matériels du futur.

Ce chiffre est à rapprocher de la dizaine d'agents de la division technique de l'INSU qui travaillent dans ce domaine, des six ingénieurs et techniciens de l'IFRTP, assurant à la fois le développement des instruments et leur mise en œuvre sur le N/O Marion Dufresne et des quatre hommes/an environ (équivalents temps plein) de l'ORSTOM assurant l'entretien et la mise en œuvre des outils des N/O Alis et Antea.

Le CNER estime que le remarquable potentiel technique de l'IFREMER en matière de maintenance et de développement des plates-formes et des instruments est à valoriser pour l'ensemble des flottes publiques de recherche.

Les taux d'utilisation des flottes

Les taux d'utilisation de la flotte hauturière pour les années 1994 à 1997 sont donnés, par navire et par type d'activité, dans le tableau 5.

Pour la **flotte hauturière gérée par l'IFREMER**, le comité note, sur la période considérée, un taux d'armement en nette progression, atteignant, en 1997, 85 % d'un armement à temps plein des quatre navires. Le temps-navire consacré à la recherche et aux développements technologiques atteint plus de 1 000 jours en 1997, transits et escales des quatre navires compris.

Les affrètements obtenus par l'IFREMER pour ces navires représentent entre 70 et 80 jours par an, en moyenne sur ces quatre années.

Le CNER considère que, pour la recherche et la technologie, le taux d'utilisation de la flotte hauturière gérée par l'IFREMER est aujourd'hui satisfaisant. Ce taux pourrait toutefois être encore légèrement amélioré, en cas de besoin, en mobilisant des moyens budgétaires supplémentaires et sans augmenter le taux actuel d'affrètement.

Le **N/O Marion Dufresne** n'est utilisé actuellement, par contrat entre les TAAF et l'IFRTP, que 135 jours par an pour les recherches océanographiques. Le reste de l'activité du navire est consacrée à la desserte des TAAF. Le CNER estime que les besoins de cette desserte, en nombre de personnes et en charge utile transportées, ne justifient pas l'utilisation systématique d'un navire de la classe du N/O Marion Dufresne pour 4 à 5 rotations annuelles. Le comité considère par ailleurs, conformément à l'opinion émise dans un rapport de la Cour des comptes, que le N/O Marion Dufresne est largement sous-utilisé pour la recherche et doit être considéré avant tout comme un navire océanographique qui, outre les capacités techniques déjà évoquées, peut accueillir des équipes pluridisciplinaires nombreuses dans le domaine des géosciences et de l'océanographie physique, chimique et biologique.

Pour les **flottes de façade**, le temps-navire consacré aux campagnes atteint un total de 1800 jours par an en moyenne pour les 12 navires. Les taux d'utilisation (tableau 6) sont inférieurs à ceux des navires hauturiers.

Pour les navires de l'INSU, les taux d'utilisation croissent avec la taille des navires. Ceci correspond à un choix de l'armateur mais aussi aux qualités nautiques très différentes des navires et aux arrêts pour mauvais temps beaucoup plus nombreux pour les unités les plus petites. Cette limitation d'utilisation par le facteur climatique pose un véritable problème scientifique, dans la mesure où ces unités ne peuvent intervenir en mer, pour des raisons de sécurité et de conditions de travail, à l'occasion d'événements océano-météorologiques forts qui sont importants dans l'étude de certains processus.

Tableau 5 – Utilisation des navires hauturiers (1994-1997) en jours

	Navires	OPCB et ABEL	Halieutique ECOREC	Géosciences	Technologie	Affrètements technico-scientifiques	Total mer R & T	Transits, escales et essais	Total R & T	Affrètements commerciaux et TAAF (MD)	Arrêts techniques	TOTAL ARMEMENT
1994	L'Atalante	119		43		22	184	74	258	66	41	365
	Nadir	35		96			131	82	213	39	14	266
	Le Suroît	46		90	36		172	24	196	36	37	269
	Le Noroît	89			13		102	24	126		2	128
	Thalassa I		128				128	16	144		29	173
	Totaux IFREMER	289	128	229	49	22	717	220	937	141	123	1 201
	MD I	95		41			136		136	214	15	365
1995	L'Atalante	83	12	123			218	87	305	9	51	365
	Nadir	37		111	57		205	47	252		37	289
	Le Suroît	84		27	23		134	11	145			145
	Le Noroît	36			8		44	40	84			84
	Thalassa I		80				80	3	83		20	103
	Totaux IFREMER	240	92	261	88	0	681	188	869	9	108	986
	MD I /MD II	67		76			143		143	222		365
1996	L'Atalante	33		144	2	69	248	94	342		24	366
	Nadir	44		81	9		134	124	258	34	45	337
	Le Suroît	75	24		27		126	17	143	33		176
	Thalassa I		54				54	20	74	10		84
	Thalassa	40	75		86		201	125	326		40	366
	Totaux IFREMER	192	153	225	124	69	763	380	1 143	77	109	1 329
	MD II	42		74	22		138		138	193	35	366
1997	L'Atalante	65		135	7	25	232	89	321	7	37	365
	Nadir	22		169	19		210	48	258		13	271
	Le Suroît	91			52		143	47	190	3	70	263
	Thalassa	57	97		58		212	31	243	60	34	337
	Totaux IFREMER	235	97	304	136	25	797	215	1 012	70	154	1 236
	MD II			135			135		135	197	33	365

Tableau 6 – Utilisation des navires côtiers (1994-1996) en jours

Navires	Année	Recherche	Enseignement	Technologie	Affrètements, prestations	Total Campagnes	Transits, escales arrêts... ⁽¹⁾	TOTAL ARMEMENT ⁽¹⁾
INSU								
Côte d'Aquitaine	1994	96	33	1		130	176	306
	1995	164	40	10		214	110	324
	1996	194	42			236	87	323
Côte de Normandie	1994	113	23		6	142	73	215
	1995	150	21			171	44	215
	1996	90	31		6	127	88	215
Sepia II	1994	48	11			59	156	215
	1995	63	11			74	141	215
	1996	89	2			91	128	219
Antedon	1994	39	26			65	150	215
	1995	32	32			64	151	215
	1996	97	32			129	90	219
Georges Petit	1994	156	9			165	135	300
	1995	147	29	2		178	131	309
	1996	87	49			136	212	348
Tethys II	1994	182	43			225	95	320
	1995	140	58			198	114	312
	1996	151	65			216	99	315
IFREMER								
L'Europe	1994	133				133	142	275
	1995	89		19		108	206	314
	1996	103		10	56	169	143	312
Gwen Drez	1994	128		56		184	151	335
	1995	118		48		166	110	276
	1996	121		42	7	170	130	300
Thalia	1994	127		8	7	142	161	303
	1995	93		13	18	124	155	279
	1996	52		22	24	98	149	247
ORSTOM								
André Nizery	1994	138	désarmé en septembre 1995			138	21	159
	1995	122				122		122
Alis	1994	161				161	30	191
	1995	191				191	27	218
Antea ⁽²⁾	1996	168				168	45	213
	1996	66				66	194	260
IFRTP								
La Curieuse	1994	201				201	164	365
	1995	183				183	182	365
	1996	217				217	149	366

1. Les décomptes sont différents selon les organismes, ce qui rend impossible la comparaison entre les totaux d'armement.

2. Ennuis techniques sérieux en 1996, année de rodage du navire, plus de 210 jours de campagnes en 1997.

Les stations marines du CNRS et des universités disposent d'une flottille d'une douzaine de petites unités qu'elles gèrent directement, en particulier pour les prélèvements à caractère biologique et l'enseignement.

Les navires de façade de l'INSU, mieux équipés que les unités de la flottille et pouvant accueillir des équipes plus nombreuses sur des périodes plus longues, doivent jouer aussi un rôle important pour la formation, notamment au niveau maîtrise et DEA.

Le CNER note avec satisfaction une augmentation importante de l'utilisation pédagogique des unités de l'INSU sur la période considérée : 145 jours en 1994, 215 jours en 1996, ce qui correspond pour cette dernière année pratiquement au quart du total des jours de campagnes. Le comité regrette par contre que les unités de l'IFREMER et de l'ORSTOM ne soient pas du tout utilisées pour la formation.

Le CNER relève aussi le très faible taux d'utilisation des navires de façade pour des travaux d'expertise qui seraient réalisés à la demande de décideurs locaux ou d'opérateurs.

La gestion des flottes de recherche

Les moyens gérés par l'**IFREMER** (flotte hauturière, flotte de façade de l'IFREMER, submersibles et engins lourds) est mise en œuvre par le GIE GENAVIR. Les actionnaires du GIE sont l'IFREMER (56 %), le CNRS (17 %), l'ORSTOM (17 %) et deux armateurs privés (5 % chacun). Le GIE GENAVIR est une filiale de l'IFREMER et ses moyens financiers proviennent exclusivement de l'IFREMER. Le personnel de GENAVIR est composé d'un potentiel navigant de 198 inscrits maritimes et de 130 sédentaires, dont 110 ingénieurs et techniciens qui embarquent en partie pour la mise en œuvre et la maintenance des moyens lourds pendant les campagnes.

Le CNER estime que l'IFREMER et GENAVIR ont démontré l'efficacité du système, la seule limitation étant les règles d'embarquement des « sédentaires embarqués » qui ne permettent pas de toujours optimiser la programmation de la flotte hauturière.

La mise en œuvre du **N/O Marion Dufresne** fait l'objet d'une convention d'affrètement entre les TAAF (affréteur) et la Compagnie générale maritime (CGM – armateur). Cette convention, signée pour 20 ans en mars 1993, fait obligation à la CGM de fournir l'équipage nécessaire à la conduite du navire et à la mise en œuvre des appareils de pont. Le CNER constate que le service rendu par la CGM est de qualité et a un coût sensiblement équivalent à celui de GENAVIR. Le remboursement de l'emprunt contracté par le GIE Marion Dufresne pour la construction du navire (57 000 F / jour) augmente de 50 % son coût effectif d'exploitation.

L'INSU agit comme un armateur à la grande pêche et emploie 57 inscrits maritimes dont les rotations entre ses unités sont planifiées par la division technique de l'INSU. Le CNER estime que ce système rend les services attendus par les utilisateurs et que le nombre des marins est bien adapté aux besoins.

L'**ORSTOM** agit comme un armateur à la grande pêche. Il emploie 17 inscrits maritimes, dont 15 expatriés affectés à un navire spécifique (états-majors des N/O Alis

et Antea et du N/O Louis Sauger, navire de recherche du Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye) et 19 marins de recrutement local comme personnel d'exécution. Le CNER constate que ce système pose deux problèmes : (1) le régime d'affectation des officiers ne permet pas, notamment dans le cas du N/O Antea, une exploitation optimale des navires ; (2) l'affectation de quatre officiers au Sénégal n'apparaît pas justifiée compte tenu du très faible taux d'utilisation du navire sénégalais.

Les dépenses consolidées liées à la mise en œuvre, la maintenance et le développement de la flotte et des engins de pénétration sous-marine, hors investissements pour les nouveaux navires, sont récapitulées dans le tableau ci-dessous pour l'année 1996.

Ces dépenses consolidées d'environ 360 MF / an représentent pratiquement le quart des dépenses consolidées de la recherche océanographique civile française, hors dépenses liées au développement et à la mise en œuvre des outils satellitaires.

Tableau 7– Dépenses consolidées liées à la flotte en 1996 (MF)*

IFREMER (hors ODP)	Contrat GENAVIR	155,3
	Autres dépenses ⁽²⁾	121,8
	Total	277,1
INSU	Flotte ⁽¹⁾	22,3
	Autres dépenses ⁽²⁾	5,3
	Total	27,6
ORSTOM	Flotte ⁽¹⁾	21,4
	Autres dépenses ⁽²⁾	1,6
	Total	23,0
IFRTP	Affrètement MD ⁽³⁾	21,6
	Autres dépenses ⁽²⁾	9,8
	La Curieuse (estimation)	4,0
	Total	35,3
Total général		363,0

* Hors investissements pour les nouveaux navires.

1. Salaires du personnel navigant et fonctionnement (frais généraux inclus).

2. Appui technique pour la mise en œuvre de la flotte et des engins et les développements instrumentaux (frais généraux inclus).

3. MD : Marion Dufresne.

Le CNER estime que cette situation disparate dans la gestion des personnels navigants ne soulève pas de difficultés majeures et qu'il n'apparaît pas de distorsions notables sur les coûts d'exploitation des flottes du fait des règles d'emploi communes de l'inscription maritime. Seule le régime appliqué par l'ORSTOM fait apparaître un surcoût lié à l'expatriation des officiers.

Recommandations sur la gestion des flottes

Le CNER estime que la desserte des Terres australes et antarctiques françaises pourrait être assurée par des cargos affrétés, sauf sans doute – et dans l’attente d’une solution de remplacement satisfaisante – pour une rotation lourde annuelle du N/O Marion Dufresne assurant notamment l’approvisionnement en hydrocarbures, soit une immobilisation d’une quarantaine de jours au plus. En comptant également une quarantaine de jours d’arrêts techniques pour entretien, ce sont au moins 150 jours par an qui seraient ainsi rendus à des usages scientifiques sur le N/O Marion Dufresne.

Afin d’optimiser l’utilisation, le suivi technique et le développement de la flotte hauturière, le CNER recommande que l’organe de gestion de cette flotte soit unique et propose le transfert de la gestion du N/O Marion Dufresne à cet organe, comme suggéré dans le rapport sur l’avenir des Terres australes et antarctiques françaises d’octobre 1997.

Le contrat avec la CGM devra être transféré à cet organe de gestion de la flotte hauturière. Le comité estime que des négociations pourraient être entreprises pour un remboursement anticipé du prêt contracté au moment de la construction du N/O Marion Dufresne. Pour la part du service du N/O Marion Dufresne nécessitée par la desserte des TAAF, l’administration des TAAF passera contrat au prix total (coût journalier d’exploitation + éventuellement coût journalier de remboursement de l’emprunt) avec l’organe de gestion de la flotte. L’évolution proposée concernant les conditions nouvelles d’utilisation et de gestion du N/O Marion Dufresne devra faire l’objet d’un examen attentif associant toutes les parties prenantes afin d’en établir les conditions administratives, réglementaires et financières.

Le CNER constate que l’IFREMER et sa filiale GENAVIR ont démontré l’efficacité opérationnelle du dispositif actuel de gestion de la flotte hauturière et disposent d’équipes de conception, de réalisation, de mise en œuvre et de maintenance importantes et compétentes.

Le CNER recommande que l’ensemble de la flotte hauturière soit géré par l’IFREMER.

Pour ne pas mélanger les activités de service public, de recherche et de développement technologique propres à cet organisme avec la gestion de la flotte et son développement, le comité estime que l’IFREMER doit être structuré en deux ensembles bien distincts :

- les laboratoires, navires de façade et services techniques propres, service informatique compris, d’une part ;
- la flotte hauturière et la partie de l’actuelle DITI concevant et développant navires et outils, d’autre part. Le comité recommande que le budget de ce deuxième ensemble soit individualisé au sein de celui de l’IFREMER.

Ce second sous-ensemble gèrera la flotte hauturière et les contrats avec les opérateurs des navires hauturiers (GENAVIR et CGM) et proposera au Président de l’IFREMER la programmation annuelle complète de la flotte hauturière.

Le CNER recommande de ne pas modifier la répartition de la flotte des navires de façade et les modalités de gestion propres à l'IFREMER, l'INSU et l'ORSTOM.

Toutefois le comité estime que des améliorations de gestion doivent être apportées à l'ORSTOM dont les officiers ne devraient plus être attachés à un navire spécifique et affectés outre-mer. Les mises à disposition de longue durée au centre de recherche océanographique du Sénégal devraient être remplacées par des missions temporaires d'assistance. Pour l'ORSTOM, le CNER recommande le passage à un système de rotations depuis la France. Le personnel existant paraît suffisant pour que cette réorganisation se fasse sans recrutements, tout en diminuant les coûts.

Quand ils ne pourront eux-mêmes assurer la maintenance de leurs matériels, l'ORSTOM et l'INSU s'adresseront à l'IFREMER, organe de gestion de la flotte hauturière, qui leur facturera ses prestations.

Enfin, en cas de campagnes océanographiques côtières aux Kerguelen, le navire local des TAAF, La Curieuse, sera alors affrété par l'organisme demandeur, c'est-à-dire l'INSU.

Les recommandations faites ci-dessus rendent l'IFRTP à sa seule vocation polaire et sub-antarctique.

Recommandations sur l'évolution de la flotte de recherche

L'examen des perspectives des programmes, notamment en géosciences, et des capacités porte-engins des différentes unités auquel a procédé le CNER conduit à proposer un schéma d'évolution de la flotte hauturière.

Le CNER considère que la nécessité de disposer, pour la recherche, de deux navires porte-Nautile n'est pas affirmée à ce jour et que le remplacement du N/O Nadir n'est pas une priorité immédiate.

Les réorientations des programmes de géosciences recommandées par le comité et l'éventuel développement des besoins au niveau européen devront permettre de préciser les orientations en termes d'exploration habitée, conduisant éventuellement à terme à la nécessité de disposer d'un autre navire porte-Nautile.

D'ores et déjà, les développements dans le domaine de l'offshore profond amènent le CNER à recommander le maintien en activité de la Cyana qui peut être mise à l'eau à partir de plusieurs navires hauturiers.

Des données recueillies sur l'usage du N/O Nadir, il apparaît des temps de transit importants dus aux affrètements pour reconnaître des épaves ou y prélever des pièces à conviction après accident. De telles opérations ne relèvent évidemment pas de la recherche scientifique. Si ces demandes se confirmaient la construction d'un nouveau navire pour y faire face serait sans doute nécessaire. Elle devrait être étudiée au niveau européen, mais relève des attributions d'autres ministères que celui chargé de la recherche et d'autres directions que la DGXII de la commission européenne.

La récupération d'au moins 150 jours de disponibilité sur le N/O Marion Dufresne et une amélioration de l'ordre de 50 jours des taux d'armement cumulés des N/O Thalassa et Le Suroît (une fois modernisé) permettent de maintenir l'offre globale en jours de campagnes à la mer, une fois le N/O Nadir désarmé, et d'améliorer sensiblement les capacités techniques d'ensemble de la flotte hauturière.

Dans cette perspective, le comité recommande :

- d'utiliser le N/O L'Atalante, pour une part plus significative de son temps, pour les campagnes avec le Nautil, et de compenser cette utilisation notamment grâce aux disponibilités nouvelles du N/O Marion Dufresne ;
- de mettre à profit les années restantes de la vie du N/O Nadir pour opérer progressivement cette substitution et tester les affrètements nécessaires à la desserte des terres australes et antarctiques françaises ;
- de réaliser une étude technique approfondie des capacités actuelles du N/O Marion Dufresne et de leur évolution technique éventuelle (sondeur multi-faisceaux, laboratoires, portabilité des submersibles, informatique,...).

Financièrement, cette opération s'analyse comme suit en termes de budget de fonctionnement annuel :

Pour le BCRD :

Désarmement du Nadir	-15 500 000 F
+ 190 jours de Marion Dufresne	
fonctionnement 120 000 F/jour	+22 800 000 F
charge d'emprunt 57 000 F/jour	+10 830 000 F
+ 50 jours de Thalassa ou Suroît, environ	+ 4 000 000 F
soit	+22 130 000 F

Pour le budget des TAAF :

– 190 jours de Marion Dufresne	-33 630 000 F
+ Affrètements de remplacement	
pour quatre rotations, environ	+12 000 000 F
soit environ	-21 630 000 F

La charge totale pour l'État est supérieure de 0,5 MF par an par rapport à la charge actuelle et budgétairement l'opération s'analyse comme une dépense supplémentaire de 22 MF au titre du BCRD et une économie de 21,5 MF sur le budget du territoire des terres australes et antarctiques françaises. L'économie en investissement est supérieure à 300 MF. Cette dernière correspond sur 25 ans, durée de vie d'un navire, à une charge annuelle d'environ 20 MF au taux d'actualisation de 3 %. Globalement l'économie annuelle pour l'État est donc de l'ordre de 19,5 MF.

Recommandations sur l'évaluation des demandes de campagne et la programmation de la flotte aux fins de recherche

Le CNER estime – et c'est également l'avis pratiquement unanime des utilisateurs scientifiques – que la procédure d'évaluation et d'interclassement des demandes de **campagnes à la mer à bord des navires hauturiers gérés par l'IFREMER** s'est beaucoup améliorée au cours des dernières années et qu'elle fonctionne maintenant de manière tout à fait objective, dans le respect de l'équilibre entre thématiques et entre disciplines. La programmation finale de la flotte hauturière, incluant affrètements et campagnes pour essais technologiques, relève de la responsabilité du Président de l'IFREMER qui s'appuie sur sa direction des moyens et opérations navals (DMON) et suit systématiquement, en ce qui concerne les campagnes de recherche, les avis de son Comité scientifique.

Le CNER considère cependant que les progrès dans le sens d'une programmation pluri-annuelle glissante de la flotte hauturière sont encore insuffisants. Elle est notamment indispensable pour développer les échanges de temps-navire avec nos partenaires européens et pour mettre en adéquation les procédures nationales d'évaluation des campagnes et les procédures européennes d'évaluation des projets européens.

Le comité relève surtout une forte ambiguïté dans les fonctions actuelles du Comité scientifique de l'IFREMER qui exerce une double compétence : celle de conseil et d'évaluation pour les laboratoires et les projets propres à cet organisme, celle d'évaluation et de proposition de programmation de la flotte océanographique hauturière au bénéfice de l'ensemble de la communauté scientifique. De plus, en raison sans doute des défauts de structuration actuelle de certaines thématiques et de liens non formalisés avec les responsables de programmes, ce comité assure dans certains domaines, et notamment en géosciences, un rôle de programmation et de prospective scientifiques dépassant largement ses compétences en matière d'évaluation des demandes de campagnes à la mer au regard des objectifs des programmes d'une part, de la faisabilité et de la qualité techniques d'autre part.

Les demandes de campagnes sur le **Marion Dufresne** sont aussi examinées, depuis 1993, par les commissions thématiques et classés par la commission « Flotte et Submersibles » du Comité scientifique de l'IFREMER. La décision de programmation revient au Directeur de l'IFRTP après avis du Comité scientifique de l'IFRTP. Le CNER constate que les avis de la commission « Flotte et Submersibles » ne sont pas toujours suivis et que les campagnes programmées sur le N/O Marion Dufresne ne sont pas systématiquement examinées par les commissions thématiques.

Le ratio entre le nombre de campagnes demandées et le nombre de campagnes effectivement réalisées est actuellement de 2 environ. Il a baissé ces dernières années, notamment en géosciences (*voir tableau 8*), pour plusieurs raisons : pré-positionnement géographique de certains navires annoncé plus d'un an à l'avance (notamment pour le N/O L'Atalante et le Nautille), meilleure prise en compte dans les avis des commissions

thématiques des suites apportées aux précédentes campagnes, en particulier les publications, et auto-censure des demandeurs.

Le CNER considère que l'offre de service sur les navires hauturiers est suffisante par rapport aux besoins de la recherche océanographique française.

Tableau 8 – Évaluation du pourcentage de satisfaction de la demande pour les campagnes hauturières sur les navires gérés par IFREMER

	1994		1995		1996	
	1	2	1	2	1	2
Géosciences	26%	24%	38%	29%	43%	41%
OPCB	54%	46%	67%	66%	63%	69%
ECOREC	89%	81%	50%	47%	75%	70%
<i>Moyenne pondérée</i>	<i>43%</i>	<i>39%</i>	<i>45%</i>	<i>40%</i>	<i>56%</i>	<i>54%</i>

1 – Campagnes réalisées / campagnes demandées.

2 – Jours de campagne réalisés / jours de campagne demandés.

L'évaluation des demandes de campagnes sur les **navires de façade de l'ORSTOM** et leur programmation sont menées actuellement de manière totalement autonome par l'ORSTOM. L'établissement s'est engagé en juin 1997 à faire examiner à partir de 1998 les demandes de campagne hauturière sur le N/O Antea par les commissions thématiques. Le CNER considère cette évolution comme positive et insiste pour qu'elle débouche sur un accès effectif aux navires de l'ORSTOM pour des équipes d'autres organismes.

Le CNER recommande que l'évaluation des demandes de campagnes et la proposition de programmation de l'ensemble de la flotte hauturière – N/O L'Atalante, N/O Marion Dufresne, N/O Le Suroît, N/O Thalassa et N/O Nadir (jusqu'en 2001) – soient réalisées par une « Commission nationale des moyens océanographiques » (CNMO) nommée par le Ministre chargé de la recherche. Les demandes de campagnes hauturières sur le N/O Antea de l'ORSTOM devraient également être examinées par la CNMO. Le comité recommande que la CNMO soit une commission scientifique et technique et qu'elle soit compétente pour l'examen des projets de développement instrumentaux, de modernisation des outils et de construction de nouveaux navires.

Le CNER considère que, pour lever toute ambiguïté, la CNMO et le Comité scientifique propre à l'IFREMER devraient être deux entités distinctes dans leur mode de désignation, leur composition et leur mandat.

La compétence du Comité scientifique de l'IFREMER serait exclusivement centrée sur la politique scientifique et technologique et les activités propres des services et laboratoires de cet organisme.

Comme dans le système actuel, des sous-commissions thématiques mises en place par la CNMO et présidées par l'un de ses membres examineraient au préalable les demandes de campagnes hauturières par grandes disciplines ou domaines. L'examen des demandes de campagnes correspondant à des actions « de service public » (comme la reconnaissance des zones économiques exclusives par exemple) et à des essais d'équipements lourds ou de nouveaux instruments seraient également examinées par la CNMO. La commission serait tenue informée des projets de participation française aux forages ODP. Les travaux des sous-commissions et de la CNMO ne devraient pas déborder sur l'évaluation des programmes (européens, nationaux ou interorganismes) au titre desquels les campagnes à la mer sont demandées. Afin d'assurer la cohérence avec ceux-ci les responsables nationaux des programmes devraient être invités, en tant que de besoin, aux réunions de la commission ou de ses sous-commissions thématiques.

La CNMO devrait promouvoir et contribuer à mettre progressivement en place une programmation pluriannuelle « glissante » des navires hauturiers, en cohérence avec la programmation des flottes des partenaires européens.

Les propositions de programmation de la CNMO seraient transmises au Président de l'IFREMER, gestionnaire de la flotte hauturière et responsable de sa programmation, qui y inclurait éventuellement des affrètements dont la commission devrait être tenue informée.

Le sous-ensemble « flotte hauturière et développements technologiques » identifié au sein de l'IFREMER assurerait le support administratif de la commission nationale et de ses sous-commissions thématiques en mettant à sa disposition au moins deux agents permanents placés sous l'autorité du Président de la CNMO.

Les demandes de campagne sur les **navires de façade de l'INSU et de l'IFREMER** sont examinés par les Comités inter-régionaux Méditerranée (CIRMED) et Manche-Atlantique (CIRMAT) qui ont adopté une procédure d'évaluation et de programmation qui s'inspire de celle de la flotte hauturière. L'INSU et l'IFREMER sont responsables, chacun pour leur compte, de la programmation définitive de leurs navires de façade. Le CNER considère que ce système d'évaluation et de proposition de programmation fonctionne bien et s'avère structurant pour la communauté scientifique. Le comité note avec satisfaction que les avis des responsables de programmes nationaux sont demandés et généralement suivis par les deux CIR. Le CNER constate toutefois que les échanges de temps-navire entre l'INSU et l'IFREMER restent très limités et s'interroge sur les effectifs pléthoriques des deux CIR (30 personnes dans chaque CIR).

Les demandes de campagne sur les deux **navires de façade de l'ORSTOM** font l'objet d'une procédure d'évaluation et de programmation interne à cet organisme. Cette procédure ne favorise ni l'accès aux navires ORSTOM d'équipes d'autres organismes ni le rôle que devrait jouer l'ORSTOM pour mobiliser la communauté scientifique nationale autour des recherches en zone inter-tropicale.

Pour les flottes de façade, le CNER recommande le maintien des Comités inter-régionaux Manche-Atlantique (CIRMAT) et Méditerranée (CIRMED) qui donnent satisfaction. Le comité recommande la création d'un CIR « Façades Tropicales » (CIRTROP) pour l'évaluation des demandes de campagne côtières sur les unités de l'ORSTOM et les éventuelles campagnes du N/O L'Europe de l'IFREMER dans ces régions. Le comité propose que les membres de ces trois CIR soient nommés par le Ministre chargé de la recherche, mais en nombre restreint par rapport au nombre pléthorique actuel. Afin d'assurer la nécessaire cohérence entre flotte hauturière et flottes de façade, notamment dans le domaine de l'océanographie côtière, le CNER recommande que les présidents des trois CIR soient membres de la CNMO.

Les CIR devraient prendre prioritairement en compte les campagnes dont le principe et les objectifs auraient été retenus dans le cadre des programmes nationaux et européens. Les propositions de programmation des CIR seraient transmises aux gestionnaires des flottes, responsables de la programmation définitive à l'INSU, à l'IFREMER et à l'ORSTOM, qui y incluraient éventuellement des affrètements, dont les CIR devraient être tenus informés. Les présidents des CIR informeraient la CNMO de l'ensemble des projets de campagne validés et programmés.

Les perspectives européennes

Les recommandations qui précèdent, élaborées dans la perspective d'une meilleure structure des programmes à l'image de ceux élaborés au niveau international, restent dans le cadre d'une programmation française des campagnes à la mer.

Des échanges de temps-navire, ont lieu avec les britanniques et les allemands. Ces échanges – réalisés sur la base d'un barème de jours-équivalents (1 journée du N/O Poséidon allemand équivaut à 1 journée du N/O Le Suroît ou à 3 journées du N/O Thalia, ...) et sans mouvements financiers – ont été consacrés par un accord tripartite signé en 1996 entre trois partenaires (IFREMER, le *National Environment Research Council* britannique et le *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie* allemand). Il s'agit actuellement d'un mécanisme de sauvegarde fonctionnant *a posteriori* et de façon ponctuelle. Le bilan 1994-1997 de ces échanges fait état de 4 campagnes d'équipes allemandes sur des navires français pour un total de 61 jours pour 1 campagne de 26 jours d'une équipe française sur un navire allemand, le Royaume-Uni étant par ailleurs redevable à la France de 3 jours de N/O Challenger (équivalent du N/O Le Suroît). Le CNER constate que pendant cette période les échanges de temps navire ont été sensiblement plus importants avec les États-Unis (94 jours du N/O L'Atalante dans le sens États-Unis – France et 59 jours d'équivalent Atalante dans le sens France – États-Unis), et même avec l'Australie dans le cadre d'un accord bilatéral efficace.

La réflexion menée actuellement au Royaume-Uni conduit à des procédures de programmation très voisines de celles pratiquées en France. Il est sans doute possible d'envisager dans un avenir proche une collaboration plus étroite avec le *National Environment Research Council* pour une programmation cohérente et une utilisation partagée des deux flottes permettant notamment d'éviter des transits pénalisants. Ceci

n'est envisageable que si, de part et d'autre, une programmation pluri-annuelle est progressivement instaurée et que l'épineuse question de l'équilibre entre l'affectation des temps-navires et celles des modes de paiement est réglée au préalable. Cette évolution pourrait sans doute être prolongée à moyen terme avec les flottes allemandes mais le processus est moins avancé dans ce pays.

À échéance de quelques années et à condition d'avancer progressivement comme il vient d'être décrit, une programmation coordonnée des flottes devrait être réalisée, au moins entre la France, le Royaume-Uni et l'Allemagne.

Compte tenu de ces perspectives réalistes et des autres coopérations déjà mises en œuvre grâce à l'Union européenne, avec l'Espagne pour la construction du N/O Thalassa et avec l'Italie pour celle du N/O L'Europe, le temps est sans doute venu d'engager au niveau européen des projets axés sur les moyens qu'exigeront d'ici quelques années les nouvelles orientations de la recherche, notamment autour des trois grands sujets que sont :

- l'exploration des marges : sont concernés à ce titre l'usage des engins sous-marins ROV ou habités et leurs navires supports. Les forages profonds et les « observatoires fond de mer » entrent dans ce thème ;
- la priorité reconnue aux études du milieu côtier jusqu'au rebord du plateau continental. Sont concernés les navires de façade dont la capacité doit évoluer avec celle des équipes scientifiques pluridisciplinaires embarquées et avec les méthodes mises en œuvre ;
- le développement de l'océanographie opérationnelle tant en hauturier qu'en côtier, pour la prévision météorologique et climatique et la connaissance des milieux et des ressources.

Pour ces trois sujets, la France dispose d'outils performants uniques : les sous-marins et le carottier du N/O Marion Dufresne. Ne peut-elle pas, en engageant une réflexion communautaire pour en faire des outils partagés, provoquer une évolution des idées pour une utilisation plus intensive de ceux-ci ? Cette démarche rendrait alors peut être nécessaire la construction d'un nouveau navire porte-engins européen pour l'exploration profonde.

Un volet « océanographie » à promouvoir au sein du programme « environnement » du 5^e PCRD, ou au moins une action coordonnée transversale sur ce thème, serait un cadre favorable à cette nécessaire évolution vers une recherche océanographique européenne intégrée, à la fois pour les programmes et pour les outils, face aux moyens mobilisés par les États-Unis et le Japon.

Observations et réponses des organismes sur le rapport d'évaluation du CNER

Le rapport du CNER a été remis pour avis le 4 février 1998 aux quatre organismes (IFREMER, IFRTP, INSU et ORSTOM) principalement concernés par l'évaluation des programmes de recherche en océanographie et des moyens à la mer qui leur sont consacrés.

La version finale présentée ci-dessus a été amendée, sur des points strictement factuels, grâce aux commentaires des organismes dont les réactions écrites figurent dans les pages suivantes.

Réponses de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)

IFREMER

Le président-directeur général

Issy-les-Moulineaux, le 6 février 1998

M. Jean Dercourt
Secrétaire perpétuel
Académie des sciences
23, quai Conti
75006 Paris

Monsieur le Secrétaire perpétuel,

Par votre courrier du 3 février 1998, vous avez bien voulu me demander de vous faire part de mes observations sur le rapport de synthèse sur l'évaluation des programmes de recherche océanographique et des moyens à la mer.

L'étendue des sujets abordés et le nombre important des recommandations n'ont pas permis, dans les délais contraignants qui étaient imposés, de faire une analyse détaillée du contenu du rapport. Nous nous sommes limités d'une part à compléter ou à corriger certains éléments d'appréciation qui ne nous paraissaient pas refléter pleinement la réalité et d'autre part à vous faire part de nos réflexions sur l'évolution de la flotte océanographique et de l'organisation de sa gestion.

Ces éléments font l'objet de la note que j'ai l'honneur de vous transmettre.

Par ailleurs, Monsieur le professeur Xavier le Pichon, président du Comité scientifique de l'IFREMER à qui j'avais communiqué une copie du rapport a fait part de ses premières observations que vous trouverez ci-jointes.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Secrétaire perpétuel, l'assurance de mes sentiments respectueux.

Pierre DAVID,
président-directeur général

IFREMER

Le président-directeur général

Le 6 février 1998

Note sur le rapport du CNER « Évaluation des programmes de recherche en océanographie et des moyens à la mer qui leur sont consacrés »

L'IFREMER tient à souligner la richesse du rapport du CNER qui, à partir d'une approche globale du domaine, situe bien les différents enjeux de l'océanographie. À cet égard, la prise en compte de l'halieutique comme un domaine à part entière de l'océanographie est significative.

Le rapport fait ressortir la nécessité d'une politique nationale pour l'océan et met l'accent sur l'importance qui s'attache à la définition d'une politique nationale des moyens océanographiques comme élément d'orientation. Il souligne également la nécessité pour notre pays de définir des priorités stratégiques à l'échelle nationale et européenne.

La recherche-développement militaire consacrée à l'océan et aux technologies marines, dont l'importance est voisine de celle de la recherche océanographique civile, n'entrait pas dans le mandat du CNER. Elle devra, cependant, être prise en compte, lorsqu'il s'agira d'aborder le sujet dans son ensemble, en particulier le dimensionnement de la flotte.

Enfin, le rapport considère que la France doit maintenir une capacité de recherche océanographique sur tous les océans de la planète. La possibilité d'être présent sur tous les océans permet, en effet, aux équipes françaises de prendre une place prépondérante au niveau international. En outre, l'observation globale des océans par les moyens spatiaux et la gestion des ressources halieutiques ne pourront se passer d'un accompagnement par des mesures in situ.

Le rapport contient de très nombreuses recommandations, qui mériteraient chacune des commentaires. Les contraintes dues au temps imparti et à la forme nécessairement très synthétique de notre réponse nous ont conduit à

limiter nos remarques à des corrections ou des éléments complémentaires d'appréciation sur des faits cités dans le rapport, des observations sur l'évolution de la flotte et, enfin, des réflexions sur la gestion de la flotte.

Corrections ou éléments complémentaires d'appréciation sur des faits cités dans le rapport

Développements instrumentaux concernant l'environnement côtier

Le rapport estime que certains développements instrumentaux destinés à l'environnement côtier présenteraient peu d'intérêt ; or, le système MAREL a été développé en Baie de Seine à la demande des régions Haute et Basse Normandie et de l'Agence de l'eau qui ont contribué à son financement. La première bouée à Honfleur, le système de communication et la station de gestion de Port en Bessin sont déployés depuis plus d'un an.

Les objectifs de fiabilité et de qualité des mesures ont été atteints ; en particulier la période de deux mois entre l'intervention pour la maintenance et la calibration des capteurs a été dépassée.

Le granulomètre laser a été développé avec la société CILAS et a été vendu à l'étranger (Japon, Pays-Bas) en raison de son intérêt dans le suivi des efflorescences algales.

Déploiement d'engins par le Marion Dufresne

Il est mentionné que le *Marion Dufresne* peut déployer certains engins sous-marins de l'IFREMER au prix d'aménagements mineurs. Il convient de préciser qu'aucune étude n'a été faite sur ce point à l'IFREMER.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut penser que le portique arrière de ce bâtiment est susceptible de déployer la *Cyana*, et non le *Nautile*. Pour ce qui concerne la mise en œuvre du VICTOR 6000, la plus grande incertitude règne sur les performances du positionnement dynamique du *Marion Dufresne*. Il est certain que l'étude technique approfondie recommandée dans le rapport est indispensable. Elle seule devrait permettre :

- de vérifier les possibilités d'accueil et de déploiement du système complet *Cyana* ;
- d'évaluer le coût éventuel des modifications (dont le changement du portique) nécessaires pour déployer le *Nautile* ;
- de valider l'hypothèse faite en matière de déploiement du VICTOR 6000, et de chiffrer le coût des modifications.

Structuration de la direction de l'Ingénierie, de la Technologie et de l'Informatique (DITI)

À plusieurs reprises le rapport fait état des capacités techniques de l'IFREMER qui sont rassemblées dans la direction de l'Ingénierie, de la Technologie et de l'Informatique (DITI). Il paraît nécessaire de préciser les missions de cette direction et quelle est sa place au sein de l'IFREMER.

L'IFREMER a, entre autres, pour mission de conduire des actions de développement technologique et industriel destinées à connaître, évaluer et mettre en valeur les ressources des océans ainsi qu'à favoriser le développement socio-économique du monde maritime.

Ces actions sont confiées à la DITI qui rassemble le potentiel technologique de l'Institut. Pour ce faire, elle pilote et réalise les travaux de recherche concernant les techniques générales dans le domaine du génie océanique. Cela concerne principalement l'acoustique, la robotique, les matériaux, les biosalissures, les essais en environnement marin, l'ingénierie des systèmes. Elle assure également le transfert vers l'industrie.

Alors que les laboratoires de recherche scientifique se limitent à la réalisation de maquettes instrumentales, la DITI entreprend des développements de systèmes nécessitant un plan de travail par étapes satisfaisant les contraintes des partenaires industriels.

Sa compétence en matière de développement de systèmes océaniques a conduit à lui confier le maintien des équipements des navires et la responsabilité des constructions. Elle assure

en conséquence la fonction d'autorité de conception chargée de suivre l'évolution des navires et des conditions de sécurité des plongées des engins habités.

Au sein de la DITI, comme dans toute société de développement, les équipes sont regroupées par métiers : informaticiens, mécaniciens, électroniciens, etc. Séparer ces équipes en fonction de différentes tâches reviendrait à être sous la masse critique dans la plupart des cas.

Les estimations du Comité sur le support technique pour le développement de la flotte et des outils sont correctes (130 h x an) ; cependant il s'agit du temps passé par les ingénieurs et techniciens à ces tâches, et non pas d'agents à temps plein. Par exemple pour les navires et équipements il n'y a que 5 agents dédiés exclusivement à cette tâche. Ceux-ci devraient d'ailleurs figurer dans la colonne flotte du tableau de la page 17.

La comptabilité analytique articulée sur les thèmes fédérateurs, permet en particulier au Conseil d'administration de l'Institut, de suivre le déroulement des travaux de la DITI et d'identifier les efforts humains et budgétaires consacrés à ces différentes tâches. Parmi ces thèmes sont ainsi distingués les *grands équipements pour l'océanographie* (navires, équipement, engins sous-marins, systèmes d'information) et le *génie océanique*.

Sédentaires embarqués

Les sédentaires embarqués de Genavir assurent à bord des navires de l'IFREMER la mise en œuvre des équipements lourds et des engins (sous-marins, sismique ou sondeurs multifaisceaux) et contribuent largement à la qualité du service apporté par l'Institut à la communauté scientifique.

Le statut de ces personnels est tout à fait particulier et leurs règles de gestion, très contraignantes, n'ont malheureusement pas toujours été observées. À ce jour un volume important de congés de récupération n'a pas été pris, ce qui n'est pas sans poser des problèmes.

D'ores et déjà des instructions ont été données pour que l'emploi de ces personnels soit conforme à leur statut, ce qui a entraîné dans certains cas des difficultés pour la programmation de la flotte.

Cyana

Le rapport considère que la *Cyana* pourrait être amenée à jouer un rôle important au sein de la flotte : s'il est certain que ses capacités

évolutives en font un outil attrayant, plusieurs facteurs techniques ont, au contraire, conduit l'IFREMER à s'interroger sur le maintien en flotte de cet engin.

Rappelons qu'à l'origine la soucoupe *Cyana* a été commandée par le CEMA (Commandant COUSTEAU) sur financement de l'Office français de recherche scientifique. La sphère a été réalisée en acier Vascojet 90. Cet acier, utilisé à l'époque (1974) n'est pas inoxydable et a une faible résilience (fragilité aux chocs). Le CNEXO n'a donc pas été l'autorité de conception de *Cyana* qu'il a récupérée sans ses dossiers de conception.

Compte tenu de ces éléments et suite aux analyses menées sur la sécurité de cet engin, des règles strictes ont été établies. Les principales sont les suivantes : interdiction absolue d'effectuer des plongées pouvant engendrer des chocs thermiques (notamment immersion en eau froide), nécessité d'effectuer un grand carénage, impliquant un démontage complet, tous les trois ans ou toutes les 150 plongées, pour inspecter la sphère et en particulier les passages de coque.

Depuis l'entrée en service du *Nautilus* en 1985, l'activité de *Cyana* a beaucoup diminué et son instrumentation n'a pas été modernisée. C'est exclusivement un sous-marin d'observation, qui possède peu ou pas de capacité de mesure et de prélèvement, contrairement au *Nautilus*.

Cyana ne peut être mise en œuvre ni par le *Suroît*, ni par la *Thalassa*. Le portique du *Suroît* ne peut plus la mettre en œuvre depuis le 31 décembre 1997 par suite d'évolutions de la réglementation française applicable alors que celui de la *Thalassa* est inadapté à la manutention des submersibles habités.

Évolution de la flotte

Le rapport du CNER est sous-tendu par l'idée que le *Marion Dufresne*, en entrant dans la flotte océanographique à quasi plein temps, permettrait de décaler la construction du NEP.

Dans cette perspective, la flotte océanographique française ne répondrait plus à la logique de modernisation qui a été suivie depuis la construction de *L'Atalante* et ne serait plus complètement cohérente avec les grands équipements et les engins qu'elle doit mettre en œuvre.

La flotte constitue un système particulièrement complexe et évolutif. Dans ce cadre, les caractéristiques techniques du NEP ont été étudiées pour assurer une mise en œuvre opti-

male du VICTOR 6000, que n'assurent ni *L'Atalante*, ni la *Thalassa* qui ne sont que des supports occasionnels.

L'ensemble des missions envisagées pour le NEP dépasse largement celles du *Nadir*, et ne pourra être assurée ni par la *Thalassa*, ni par *L'Atalante*. Rappelons qu'il comprend des missions proprement scientifiques permettant une approche multi-échelles intégrée (un sondeur multifaisceau pour la grande échelle, un poisson type SAR pour la moyenne échelle et VICTOR 6000 ou *Nautilus* pour la reconnaissance fine), des actions « de service public ».

Ces caractéristiques s'inscrivent dans la tendance actuelle de spécialisation des navires scientifiques imposée par la complexité croissante des systèmes mis en œuvre : la *Thalassa* en est un bon exemple. Il apparaît aujourd'hui que les navires polyvalents comme le *Jean-Charcot* ou *L'Atalante* y sont moins bien adaptés. Le choix japonais de construire pour chacun de leurs engins un navire océanographique support (de 105 m de long) relève de la même logique.

Les opérations stratégiques nationales sont encore rares mais emblématiques : l'opération Derbyshire est l'une d'elles. Elle consistait à reconnaître, inspecter et cartographier une épave récente par 4000 m de fond, et répondait à une pressante demande sociale britannique. Elle a été réalisée dans des conditions que nous avons déjà soulignées (navire sous pavillon américain, armé par l'US Navy, géré par Woods Hole) et financé par l'Union européenne car irréalisable par des moyens européens. Le NEP aurait comblé cette lacune et même affirmé la place de l'Europe.

La flotte du SHOM, composée de six navires, ne peut être exclue d'une réflexion générale sur le format de la flotte océanographique française. Ceci d'autant plus que des réflexions sont engagées sur le remplacement du *Entrecasteaux* par un bateau dont les caractéristiques seraient, à notre connaissance, voisines de celle de *L'Atalante*. En outre, les conditions nouvelles d'exploitation de cette flotte créées par la professionnalisation des équipages pourraient amener la Marine nationale à retenir, pour certaines missions, des affrètements. Dans ce contexte, il faut signaler que des contacts ont déjà été pris avec la Délégation générale pour l'armement pour explorer certaines solutions.

Les perspectives européennes sont évoquées sommairement dans les dernières pages du

rapport. Les processus nationaux d'évaluation et de programmation apparaissent proches en France et au Royaume-Uni (hors halieutique), l'Allemagne étant restée plus morcelée : l'agréation en cours autour de l'*Alfred Wegener Institut* de Bremerhaven d'instituts plus petits comme Heligoland va réduire rapidement cette différence. Par contre les modalités de financement des campagnes ressortissent d'une logique différente qui interdit en pratique le développement de l'échange de temps-navire.

La Grande-Bretagne et la France ont mené en parallèle un effort de rationalisation de leur flotte. L'Allemagne le commence à peine : une fois la période électorale de 1998 passée, le dialogue franco-allemand pourrait se nouer autour d'un instrument partagé. Après des pourparlers engagés en 1996, deux scientifiques allemands ont ainsi participé à la récente campagne d'essais du VICTOR 6000 et une demande exploratoire pour un usage partagé de l'engin vient d'être adressée à l'IFREMER, en vue d'une installation sur le *Polar Stern*. Ces discussions préfigurent les réflexions communautaires recommandées dans le rapport.

Par ailleurs, la recommandation concernant l'amélioration de 50 jours du taux d'armement de la *Thalassa* n'est pas compatible avec l'accord d'exploitation du navire signé avec l'IEO (Institut espagnol d'océanographie).

Gestion de la flotte

L'IFREMER souhaite contribuer à mieux définir les trois fonctions à remplir pour la gestion de la flotte et de ses équipements :

- 1) évaluation scientifique/interclassement des campagnes scientifiques ;
- 2) programmation opérationnelle et mise en œuvre des moyens à la mer ;
- 3) autorité de conception.

La première fonction est actuellement assurée par le Comité scientifique de l'IFREMER.

La seconde et la troisième fonctions sont assurées par l'IFREMER. Il est certain que le rassemblement sous la même autorité de la programmation opérationnelle et de la gestion technique de tous les navires hauturiers civils français ne peut qu'optimiser le service rendu à la communauté scientifique et contribuer à la meilleure utilisation des moyens navals.

Il convient de souligner l'importance trop souvent négligée du rôle d'autorité de conception qui selon les usages de la Marine nationale, est l'organisme qui élabore le dossier de défini-

tion, fait construire, après avoir fait établir le dossier de construction, et réalise les dossiers de qualification et de recette, puis suit les modifications tout au long de la vie d'un système complexe. Ce rôle est très important pour les submersibles habités, pour éclairer les décisions de la Commission de sécurité des engins habités en particulier.

Pour assurer pleinement cette fonction, la constitution d'une commission spécialement chargée de l'étude des modifications des navires et des engins est envisagée au sein de l'IFREMER, conformément aux conclusions du rapport de l'Ingénieur général de l'armement MENEZ sur la sécurité plongée.

Le rôle d'autorité de conception s'avère aussi pertinent pour les bâtiments de surface : *Le Suroît* se trouve aujourd'hui dans une situation réglementaire telle que les critères de stabilité à observer obligeront probablement à renoncer à certaines des missions d'accompagnement du sondeur multifaisceaux.

Il va être particulièrement important pour reprendre le dossier du *Marion Dufresne* de réfléchir sur les missions possibles ou souhaitables à 5, 10 ou 15 ans, de lancer les études recommandées et d'établir un document de définition du *Marion Dufresne* en tant que « navire océanographique plein » ainsi qu'un calendrier et un échéancier financier des travaux d'adaptation.

* * *

Dans le champ vaste de l'océanographie tel que le considère le rapport, un institut de recherche finalisée n'a pas et ne doit pas avoir la même approche du milieu marin que la recherche académique.

Cette dernière est guidée par l'accroissement des connaissances.

Un institut comme l'IFREMER doit, pour sa part, organiser ses activités par référence à des finalités économiques et sociales au bénéfice desquelles il lui appartient de mobiliser les connaissances acquises ou de les acquérir là où elles font défaut.

Cette différence de nature doit éclairer la répartition proposée des responsabilités d'initiation et de révision des programmes nationaux entre l'océanographie côtière et l'halieutique d'une part, l'environnement planétaire et les géosciences d'autre part, qui apparaît alors comme l'expression des finalités distinctes de l'IFREMER et de l'INSU.

Remarques du président du Comité scientifique de l'IFREMER sur les avis et recommandations du CNER

Le CNER s'est livré à une réflexion approfondie basée sur une information solide. Dans ce qui suit je voudrais faire quelques remarques sur les recommandations, remarques qui sont basées sur l'expérience que j'ai acquise au Comité scientifique de l'IFREMER.

1) Le CNER recommande une structuration de la politique scientifique en océanographie en programmes nationaux avec comités de programme. La responsabilité de l'initialisation et de la révision des programmes nationaux dépendrait de l'IFREMER pour l'océanographie côtière et l'halieutique et de l'INSU pour les domaines de l'environnement planétaire et des géosciences. Aucune autre structure de concertation dans le domaine de la politique scientifique n'est préconisée au niveau national.

L'expérience montre que, de plus en plus, le problème qui se pose (sauf dans le domaine côtier) concerne plutôt la décision de participation à de grands programmes internationaux ou européens et le niveau auquel cette participation doit être effectuée. C'est vrai pour le domaine de l'environnement global ; ce l'est de plus en plus pour les géosciences (ODP, Margins et le nouveau programme sur la zone sismogénique). On se heurte alors rapidement à la difficulté de maintenir une cohérence à l'intérieur de ces participations cumulées et de répondre à la demande d'attribution des moyens lourds nécessaire à ces programmes.

Une telle structure de programmes parallèles et non fédérés existe déjà. Elle n'est viable que dans la mesure où les organismes introduisent de fait une coordination par concertation entre responsables administratifs qui présente le risque d'être purement technocratique et de ne pas s'appuyer sur une véritable réflexion scientifique.

2) Les crédits incitatifs seraient, semble-t-il, exclusivement liés aux programmes nationaux et distribués par les comités de programme correspondants. Les crédits correspondant à la participation aux campagnes et à leur exploitation seraient traités de la même manière. Ceci condamne de fait toute demande de campagne qui ne s'insère pas dans un programme national. L'expérience montre d'ailleurs que de tels comités recommandent généralement une liste de campagnes prioritaires hors

desquelles aucune campagne n'a de chance sérieuse d'être programmée. Cette exclusivité me paraît excessive et introduit un risque réel de « pensée unique ».

3) Le CNER recommande la création d'une « Commission nationale des moyens océanographiques » pour l'évaluation des campagnes et la programmation de l'ensemble de la flotte hauturière. Cette commission est une commission scientifique et technique qui doit prendre garde de ne pas « déborder sur l'évaluation des programmes au titre desquels les campagnes sont demandées ». Ou bien le Comité doit juger de la qualité de la science proposée par la campagne. Ou bien, il ne le doit pas. Son rôle se ramène alors à ce qui se fait à l'intérieur de la commission Flotte à l'heure actuelle, à savoir une évaluation technologique et une planification logistique. On ne peut faire expertiser des dossiers de demande en précisant aux experts qu'ils ne peuvent pas juger de la science. La remarque du CNER revient à dire que la priorité des campagnes est décidée au sein des comités de programme nationaux, comme je l'ai indiqué plus haut. Ceci me paraît une régression scientifique considérable par rapport au processus uniforme d'examen actuel des campagnes dont la qualité est unanimement reconnue.

À ce sujet, le CNER reproche page 47 au Comité scientifique d'IFREMER « d'assurer en certains domaines, et notamment en géosciences, un rôle de programmation et de prospective scientifiques dépassant largement ses compétences en matière d'évaluation des demandes de campagnes à la mer ». Je ne comprends pas qu'une distinction soit introduite entre les géosciences et les autres disciplines. Le fonctionnement des diverses commissions et les rapports qu'elles ont fourni ont été décidés après concertation systématique au niveau des présidents de commission puis du Comité scientifique de manière justement à maintenir une grande homogénéité dans leur mode de fonctionnement. Dans ce cadre, chaque commission a mené une réflexion prospective sur l'ensemble de sa discipline.

Cette prospective nous a paru entrer dans les tâches actuelles du Comité scientifique d'IFREMER. En effet, l'article 10 du décret

de création d'IFREMER indique que le Comité scientifique « émet des recommandations sur le développement des moyens lourds d'intérêt général, dont la gestion est confiée à l'institut, sur les propositions d'affectation de ces équipements au bénéfice de l'ensemble des utilisateurs, et procède périodiquement à l'évaluation des résultats obtenus. Il peut formuler toutes propositions concernant l'orientation des recherches. » L'interprétation constante qui a été faite de ce texte est qu'il est nécessaire de replacer les recherches dans leur cadre national et international pour pouvoir faire des propositions raisonnées d'affectation

d'équipements et une évaluation critique des résultats obtenus et que ceci amenait à formuler des propositions prospectives concernant l'orientation des recherches pour lesquelles étaient demandés ces moyens lourds.

5 février 1998

Xavier LE PICHON

Réponses de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP)

Institut français pour la recherche et la technologie polaires
Expéditions Paul-Émile Victor

Monsieur Jean Dercourt
Président du CNER
41, avenue de la Grande Armée
75116 Paris

Le 6 février 1998

Objet : Évaluation des recherches en océanographie et des moyens à la mer

Monsieur le président,

Je prends connaissance du rapport établi par le CNER, que vous n'avez fait parvenir le 4 février, au retour d'une mission en Terre Adélie et le directeur de l'IFRTP, M. Gérard Jugie, qui a été l'interlocuteur de votre Comité, vous a fait part de ses remarques.

L'analyse de ce rapport très riche ne peut se faire, pour ma part, sans disposer d'un temps de réflexion incompatible avec les contraintes de calendrier imposées. À ce stade, je constate cependant que les avis et recommandations formulés :

- sont en contradiction sur le fond avec les missions confiées à l'IFRTP ;
- auraient, s'ils étaient mis en œuvre, un impact qui déborderait largement du seul domaine de l'océanographie pour s'étendre aux

programmes terrestres dans les îles australes qui dépendent largement du soutien des moyens à la mer.

Je souhaite donc que ces points soient aussi analysés lors de l'examen attentif concernant l'évolution proposée pour l'utilisation et la gestion du Marion Dufresne que recommande votre rapport.

Je vous prie de croire, Monsieur le Président, en l'assurance de mes sentiments cordiaux et dévoués.

C. LORIUS,
Président du conseil d'administration

Institut français pour la recherche et la technologie polaires
Expéditions Paul-Émile Victor

Le Directeur

**Note à l'attention de Monsieur le professeur Jean Dercourt,
président du Comité national d'évaluation de la recherche**

Objet : Saisine du CNER par Monsieur le ministre de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie relative à l'évaluation des programmes de recherche en océanographie.

La lecture attentive du rapport réalisé sous votre autorité appelle de notre part les remarques suivantes :

- en tout premier lieu, le rapport réduit l'Institut polaire (IFRTP) à ses seules activités terrestres polaires et subantarctiques et ignore sa vocation océanographique dans les zones éloignées et dans les conditions extrêmes. Or, cette vocation a été réaffirmée dans le rapport de prospective de l'Institut polaire (dont vous trouverez ci-après un extrait) et constitue un des quatre objectifs majeurs approuvés par le dernier Conseil d'administration,
- dans ce cadre, la spécificité du Marion-Dufresne II et l'optimisation de certains de ses moyens en font un instrument unique ouvert à la Communauté scientifique internationale. La direction de l'Institut polaire a la volonté de pérenniser cet outil en améliorant, dans la mesure du possible, l'efficacité de sa programmation et en accroissant les durées de ses campagnes à la mer,
- dans ce contexte, convaincu de l'efficacité d'une petite structure opérationnelle, recon-

nue par d'autres rapports spécialisés, l'Institut polaire a pris le parti de renforcer les moyens humains et matériels des activités océanographiques tant par des rééquilibrages internes que par un partenariat renforcé avec les services correspondants de l'INSU ;

- enfin, en dernier lieu, la direction de l'Institut polaire, consciente de l'importance du potentiel technologique en sa possession, met tout en œuvre pour en concrétiser les retombées socio-économiques (carottage géant, sondeur multifaisceau, treuils...) avec le souci constant de valoriser les matériels et les savoir-faire développés.

Brest, le 5 février 1998

Gérard JUGIE
p.o/ Hervé BARRE,
Directeur adjoint

Le Marion-Dufresne et l'IFRTP

Les missions

Entré en service en avril 1995, et succédant ainsi à l'ancien navire du même nom (le « MD 1 »), l'actuel Marion-Dufresne a été conçu pour une double utilisation :

- Assurer la logistique des Îles australes pour le Territoire des terres australes et antarctiques françaises ;
- Permettre une recherche scientifique dans les « zones d'intervention » de l'IFRTP. Cette recherche est menée de 3 façons :
 - lors de « campagnes océanographiques », durant lesquelles le navire est totalement utilisé par des équipes scientifiques ; leur durée caractéristique est de l'ordre du mois ou plus ;
 - lors de « valorisations de transit ou d'escales », qui permettent au moindre coût, puisque le temps navire nécessaire est faible, de faire de véritables petits programmes océanographiques ;
 - en assurant la logistique d'opérations scientifiques terrestres sur les côtes des îles australes.

Le principe de double utilisation a abouti à la conception d'un navire de grande taille, ayant à la fois les qualités et les équipements d'un paquebot (110 personnes), d'un cargo (4 000 tonnes), d'un pétrolier, d'un porte-hélicoptères et d'un navire océanographique. D'une longueur hors tout de 120 m., le Manon-Dufresne 2 a des capacités supérieures à celles de son prédécesseur mais aussi de plus grandes possibilités dans les 2 domaines d'activité.

Le navire a été conçu spécialement pour travailler dans les conditions extrêmes qu'il fréquente souvent. Sa spécificité en océanographie vient de cette capacité, d'une autonomie quasi-illimitée et de la possibilité de mettre en œuvre les moyens les plus lourds avec les équipes les plus nombreuses demandées maintenant dans de nombreux programmes.

Le navire appartient à un groupement d'intérêt économique nommé GIE MD2, dont les TAAF détiennent la quasi-totalité des parts (99,98 %) et la Compagnie générale maritime (CGM), l'infime portion restante. Le but de ce GIE est de gérer le financement du navire. Le navire est affrété pour une durée de 20 ans par les TAAF auprès de la CGM pour un montant de 57 MF/an, dont 20,8 MF/an correspondent

au remboursement de l'emprunt contracté pour sa construction.

Le financement provient :

- des TAAF (ministère de l'Outre-Mer) pour 35,9 MF/an (équivalent à 230 j de mer) ;
- de l'IFRTP (BCRD) pour 21,1 MF/an (équivalent à 135 j de mer).

À cela il faut ajouter 7,5 MF correspondant aux frais de fonctionnement du navire (carburant, frais d'escales) ainsi qu'aux frais inhérents à l'embarquement des matériels et des personnels scientifiques.

La CGM restant une unité avec son armement dans le cadre du nouveau groupe privé CGM/CMA, il n'y a aucun changement au niveau des contrats concernant le navire.

Les programmes océanographiques

Le Marion-Dufresne, qui dispose de tous les équipements modernes (navigation intégrée, système de positionnement dynamique, sondeur multifaisceaux, réseau informatique et régie vidéo, transmission par satellites etc.), est opérationnel dans tous les domaines de l'océanographie, que l'on peut rassembler sous trois thèmes :

- Géosciences marines : géologie, géophysique, sédimentologie, paléoclimatologie.
- Océanographie physique : physico-chimie, dynamique des masses d'eau, échanges océan/atmosphère.
- Océanographie biologique : biologie, biogéochimie.

Depuis la mise en service du nouveau navire, 8 campagnes ont eu lieu (sans compter les valorisations de transits). Sur ces 8 campagnes, 6 sont rattachées au thème des géosciences marines. Cela s'explique en partie par l'intense sollicitation actuelle du navire dans le cadre des programmes internationaux concernant la paléoclimatologie.

Dans ce domaine, le *Marion Dufresne* est en pointe car c'est actuellement le seul navire équipé d'un ensemble de manipulation (Siamois) et de prélèvement (carottier géant Calypso) permettant d'effectuer de longues carottes sédimentaires (un prélèvement jusqu'à 53,50 m a été réalisé lors de la campagne Images-1, aux Bermudes, en juin 1995). Les trois campagnes du programme Images (pro-

gramme international de paléoclimatologie haute résolution) se sont déroutées sur le *Marion Dufresne*, et une quatrième est en préparation sur ce même navire.

Le rattachement des campagnes réalisées à bord du *Marion Dufresne* à de grands programmes internationaux, dans tous les domaines de l'océanographie, est également un aspect à souligner : campagnes Images, mais aussi campagnes FUJI (French – UK – Japon Interridge Program), EDUL (INTERRIDGE), ANTARES (J-GOFS), CIVA (WOCE).

La perspective

Si les campagnes à bord du *Marion Dufresne* concernent principalement l'océan Indien sud, considéré comme son « champ d'intervention traditionnel », les missions de l'IFRTP justifieraient aussi la couverture des zones polaires de l'hémisphère nord. Une utilisation systématique du *Marion Dufresne* en Arctique n'est pas envisageable en raison des coûts de transit que cela occasionnerait dans la configuration actuelle d'exploitation du navire. Toutefois, il faut reconnaître l'intérêt de cet outil pour les campagnes arctiques en particulier en sédimentologie, thème pour lequel, rappelons-le, le MD possède des capacités nettement supérieures à celles des nombreux navires océanographiques travaillant dans cette zone. Pour ces mêmes raisons logistiques, il paraît également difficile de mener des campagnes en zones tropicales, bien que là-encore, les capacités du navire intéressent la communauté internationale (la campagne Images-3-IPHis, dont une partie s'est déroutée en zone frontière tropicale des océans Indien et Pacifique en témoignent). Bien que le *Marion Dufresne* soit

reconnu comme un outil d'une grande valeur pour la recherche océanographique internationale, il apparaît donc que son utilisation, dans un cadre purement scientifique, est fortement contrainte par le schéma d'exploitation actuel.

Si la présence du *Marion Dufresne* dans les îles australes est nécessaire, tant pour les TAAF que pour l'IFRTP (période des grosses relèves logistiques et des campagnes d'été) de novembre à mars-avril, elle se justifie déjà moins pendant l'hiver austral les besoins logistiques de cette période (hivernage, passagers et fret limités) étant nettement moindres. Il est envisageable, d'un point de vue purement logistique, que d'autres navires de capacité plus réduite puissent transporter fret et personnel de la période d'hivernage.

Un nouveau schéma d'exploitation, qui permettrait de « libérer » le *Marion Dufresne* des contraintes logistiques d'hiver, profiterait à sa meilleure utilisation scientifique. Les études prospectives menées dans ce sens (cf. rapport Minster) estiment en effet que l'augmentation du quota de jours d'utilisation scientifique (d'environ 80 jours) ainsi que la création d'une période scientifique continue rendraient possible l'utilisation du navire hors des zones australes.

Sans remettre en cause le principe de double fonctionnalité, il apparaît donc qu'une redéfinition du schéma actuel d'exploitation du navire, qui incluerait une clarification des relations contractuelles et une simplification des transferts de ressources entre l'État, les TAAF et l'IFRTP, contribuerait à une meilleure utilisation du navire, tant d'un point de vue logistique que scientifique.

Crozet (TAAF), le 7 février 1998

Monsieur le Président et Cher Confrère

C'est avec consternation que je viens de prendre connaissance du rapport du CNER sur l'océanographie et les moyens à la mer, qui m'a été transmis pour appréciation par la direction de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP).

Ce rapport révèle en effet une grande méconnaissance de la spécificité des recherches scientifiques menées par l'IFRTP, de l'interaction entre les différentes disciplines et en particulier du développement prometteur des recherches à l'interface Terre-Mer. En outre, ce rapport me paraît profondément injuste par le fait qu'il ne prend pas en compte les remarquables performances technologiques et scientifiques obtenues grâce à l'équipe océanographique de l'IFRTP. À une époque où l'on célèbre les louanges des petites entreprises qui gagnent, le fait que cette équipe soit réduite n'est-il pas plutôt à apporter à son crédit et ne justifie-t-il pas son renforcement.

Une consultation du conseil scientifique de l'IFRTP par le CNER aurait permis de mettre en évidence que réduire l'Institut à ses seules activités terrestres est en totale contradiction avec les perspectives scientifiques les plus intéressantes qui émergent à l'heure actuelle et l'un des quatre objectifs majeurs récemment entérinés par le Conseil d'administration de l'IFRTP. L'un des principaux atouts scientifiques de l'IFRTP est en effet le développement actuel de programmes de recherche dans lesquels se trouvent réunis les chercheurs en océanographie physique et biologique et les chercheurs en biologie terrestre. Toutes les communautés animales et végétales des Terres Australes sont exclusivement liées aux ressources marines et les derniers travaux réalisés montrent à l'évidence qu'il ne s'agit pas seulement des ressources côtières. De nombreuses populations animales qui vivent dans les Terres Australes dépendent de la biomasse du front polaire (la limite entre les eaux subantarctiques et antarctiques).

Ainsi, les eaux du front polaire, dont la localisation semble évoluer en fonction des changements globaux, et notamment de l'effet El Nino constituent un site unique pour compren-

dre à la fois le rôle de l'Océan austral dans les changements climatiques et les conséquences de ces changements sur les ressources halieutiques et les populations animales qui se reproduisent sur les îles subantarctiques. Le Conseil scientifique de l'IFRTP est le mieux à même d'assurer la cohérence entre les recherches océanographiques dans l'océan austral et les recherches menées dans les îles subantarctiques, cela en utilisant les deux moyens à la mer complémentaires que sont le Marion-Dufresne et la Curieuse.

Dans ce contexte, bien que la majorité des recommandations de la Commission « Flotte et submersibles » placée auprès de l'IFREMER soient suivies par le Conseil scientifique de l'IFRTP, il est logique que ce Conseil se réserve la possibilité d'une programmation qui tienne compte de la spécificité des programmes subantarctiques et des contraintes inhérentes aux différentes disciplines. Si le Marion-Dufresne (MD) est un navire unique par ses capacités d'obtention de carottes sédimentaires géantes, si les publications scientifiques qui en résultent abondent dans les revues les plus prestigieuses, n'est-ce pas la meilleure illustration, outre le dévouement, la compétence et l'efficacité de la petite équipe qui a conçu le MD et en assure la gestion technologique, d'une programmation performante par le Conseil scientifique et la direction de l'IFRTP.

Le rapport du CNER indique que le sondeur multifaisceaux du MD ne fonctionne pas encore. C'est inexact. Que la mise au point d'un tel instrument de haute technologie totalement français, en coopération entre un organisme national et un industriel, ait pris du temps est tout à fait naturel. Il se trouve que j'étais à bord du MD il y a quelques jours et je peux attester, suite à une réparation sur le navire en cale sèche, de l'obtention de remarquables enregistrements que nous enverra la communauté scientifique internationale. Ils ouvrent en outre de remarquables perspectives en terme de marché.

Enfin, le rapport ne prend pas en compte le fait que le MD n'est pas seulement un remarquable

navire océanographique. C'est un navire mixte, à la fois cargo, pétrolier et paquebot, qui répond à la spécificité des recherches menées dans les Terres australes. J'ai vainement cherché dans le rapport la mention de ces contraintes, qui conditionnent le maintien des travaux autres qu'océanographiques menés dans ces territoires français. Faute d'avoir évalué au préalable les spécificités de la logistique des Terres Australes, le CNER risque par conséquent de porter une grave responsabilité en compromettant le maintien de travaux scientifiques où les chercheurs français ont une place de leaders au plan international.

Il est un point où l'avis du CNER converge avec la réflexion déjà entreprise par le Conseil scientifique de l'IFRTP. Il s'agit de l'utilisation du Marion-Dufresne en dehors de la période estivale (au cours de laquelle sont réalisées les principales opérations logistiques et missions scientifiques, alternant avec des campagnes océanographiques, dans les Terres Australes). En concertation avec la Direction

de l'IFRTP et le Territoire des Terres australes et antarctiques Françaises (TAAF), sont actuellement envisagées des solutions permettant d'effectuer les rotations logistiques hivernales avec d'autres navires que le Marion-Dufresne dans la zone subantarctique, ce qui permettrait de tirer le meilleur profit de ce moyen à la mer unique en quelque zone maritime que ce soit.

En conclusion, j'ai conscience, Monsieur le Président et Cher Confrère, de l'extrême difficulté que représentait pour le CNER une évaluation réalisée dans d'aussi brefs délais quant à des recherches menées au bout du monde dans des conditions extrêmes. J'ose néanmoins espérer qu'il est encore temps pour éviter l'irréparable.

Yvon LE MAHO

Président du Conseil scientifique de l'IFRTP,
membre de l'Académie des sciences

Réponses du Centre national de la recherche scientifique et de l'Institut national des sciences de l'univers (CNRS-INSU)

Centre national de la recherche scientifique
Le Président du Conseil d'Administration

Monsieur Jean Dercourt,
président du CNER
41, avenue de la Grande Armée
75016 Paris

Paris, le 10 février 1998

Monsieur le Président,

Je vous remercie de l'envoi du rapport du CNER consacré aux programmes de recherche en océanographie et des moyens à la mer qui leur sont consacrés. Je joins à cette lettre les commentaires établis par l'INSU, qui poursuit pour le CNRS l'essentiel des recherches en ce domaine.

Dans son texte l'INSU indique que ce rapport « n'appelle pas de commentaires généraux » et cela traduit, je m'en suis assuré, un assentiment très général avec les analyses et les conclusions du rapport. En d'autres termes le CNRS estime que la mise en œuvre des recommandations contenues dans le rapport du CNER irait dans le sens d'une amélioration du dispositif national de la recherche en océanographie.

Les commentaires contenus dans la réponse de l'INSU sont pour la plupart assez mineurs. Vous noterez qu'à plusieurs reprises les évolutions en cours vont déjà dans le sens souhaité par le CNER.

Je voudrais néanmoins souligner deux points qui me paraissent plus significatifs :

- l'analyse de la politique instrumentale en matière de technologies marines (cf. p. 28) pourrait être conduite en distinguant les différents aspects scientifiques de ces activités, de manière à identifier qualitativement les activités respectives de la DITI de l'IFREMER et de la Division technique de l'INSU. Ceci permettrait sans doute d'affiner les recommandations sur l'évaluation et le pilotage de cette activité, dans le cadre du Comité CNMO proposé par le CNER (p. 48).
- l'analyse de l'océanographie côtière (p. 22) et les recommandations (p. 34) sur la répartition des responsabilités des organismes en ce domaine, ne peuvent être séparées d'un examen des moyens mis en œuvre. Les tableaux sur les effectifs humains concernés (p. 17), ainsi que sur les flottes de recherche (p. 37) sont illustratifs à cet égard. Leur lecture nous convainc qu'il est difficilement envisageable

de confier à l'IFREMER le pilotage de l'ensemble du dispositif. En revanche il est certain que l'IFREMER a toute légitimité à intervenir, dans le cadre de ses missions, en donneur d'ordres pour des recherches en ce domaine.

En remerciant le CNER pour cette importante analyse en profondeur des recherches en océanographie, je vous prie d'agréer,

Monsieur le Président, l'assurance de ma haute considération.

Édouard BRÉZIN

6 février 1998

Commentaires de l'INSU sur le rapport du CNER
« Évaluation des programmes de recherche et des moyens à la mer
qui leur sont consacrés » dans sa version du 3 février 1998

Le rapport dans son ensemble n'appelle pas de l'INSU de commentaires généraux. Les remarques et commentaires qui suivent se rapportent à des points particuliers. Ils sont donc exposés dans l'ordre des pages, sans les avoir classés en fonction de leur caractère (corrections factuelles, demandes d'éclaircissement, commentaires ou remarques sur les recommandations du CNER).

Pages 13-14

Dans l'énoncé des « grands domaines », il aurait été plus convenable d'identifier des domaines d'importance approximativement égale. En particulier, nous ne comprenons pas que les phénomènes biologiques profonds soient individualisés et pas la biogéochimie, qui, elle, est incluse dans « dynamique du climat », alors qu'elle traite de grandes questions (par exemple le cycle du carbone) et que les populations concernées sont très importantes (environ 150 chercheurs).

Page 20

Il nous paraît important de rappeler que les deux actions Clipper et Mercator ne traitent pas que de la prédiction climatique inter-saisonnière, mais aussi d'océanographie « opérationnelle ».

Page 21

Sur le cloisonnement relatif entre les études sur les sédiments marins et les sites continentaux, nous aimerions que cette opinion soit tempérée par l'existence du programme Variante dont un des objets est précisément d'assurer la liaison entre ces deux domaines. Une évolution possible, à terme, de ce programme pourrait être d'aller vers un programme national de paléoclimatologie.

Pour ce qui concerne le PNOC et l'échec de l'interaction avec les aspects socio-économi-

ques, il est vrai que la première phase de ce programme n'a pas réussi à dynamiser les activités dans ces domaines. Cela étant, pour la deuxième phase, qui a débuté l'année dernière, un « comité des utilisateurs » de la recherche sur le littoral a été mis en place. Même si pour l'instant ce comité a du mal à trouver ses marques, nous comptons beaucoup sur son existence et son travail pour améliorer les choses. De plus ces aspects socio-économiques ne sont absents du PNRCO (effets anthropiques sur la lagune de Mururoa, déterminisme du recrutement dans les lagons) et du PNEAT.

S'agissant de la biodiversité, les préoccupations sur cet aspect des recherches sont en effet absentes du PNOC. Elles ne sont cependant pas absentes des programmes du CNRS puisque notre organisme participe activement au programme national sur ce sujet (PNDBE). Il existe au sein de ce programme un réseau sur la biodiversité marine.

Page 26

Le programme Dorsales a fait l'objet, ces derniers mois, d'un audit international (quatre experts dont deux étrangers). Cette expertise va dans le sens des conclusions du CNER. Le programme Dorsales est relancé pour quatre ans avec une sélection de cibles plus rigoureuse et la volonté d'une meilleure cohésion entre les sciences de la vie et celles de la Terre.

Pages 26-27

S'agissant des marges, l'INSU est conscient de la nécessité de renforcer son action dans ce domaine. Le dispositif programmatique actuel doit permettre de prendre en compte dans le PNRH les risques naturels qui leur sont liés. Les transferts de matière sont pris en compte dans le programme Dynamique des transferts terrestres. Restent les aspects offshore profond

et processus sédimentaires qui ne font pas l'objet d'un programme spécifique. Pour répondre à ce besoin une réflexion est en cours pour la création d'un GDR en association avec les autres organismes de recherche concernés et les compagnies pétrolières.

La cotisation annuelle de la France à ODP est de 2,95 M\$US.

L'INSU propose de recomposer le CS d'ODP France avec des représentants des CS des programmes concernés et quelques experts, y compris industriels.

Pages 28 à 30

Il nous semble que les réflexions sur le développement instrumental mériteraient une analyse plus fine. Ce paragraphe gagnerait à être rééquilibré, ce qui permettrait d'avoir une meilleure perspective sur l'activité réelle des personnels DITI de l'IFREMER. Une présentation en trois grands types d'outils pourrait être adoptée : grands moyens, équipements attachés aux navires (sondeurs, moyens informatiques), équipements des réseaux d'échantillonnages et de mesures.

Page 30

L'IPGP n'est pas le seul Institut dépendant de l'INSU qui participe au développement des observatoires de fond de mer. Il conviendrait de citer également le laboratoire « Domaine océanique », UMR CNRS-UBO à Brest.

Page 31

L'INSU-CNRS souhaite que soit indiqué que la très grande majorité des soutiens qu'il apporte à l'océanographie ne passe pas par les programmes mais bien au travers des soutiens de base aux laboratoires et des financements des équipements. La somme de ces soutiens non incitatifs, hors salaires, représente environ 60 MF par an.

Page 31

Nous ne pensons pas qu'il y ait un « accord tacite » entre partenaires pour que chacun retrouve au moins sa mise dans le partage des crédits incitatifs. Les Comités scientifiques des programmes ne tiennent pas compte de l'origine des crédits. L'INSU n'a jamais tenu ce discours.

La faiblesse apparente de la redistribution des crédits incitatifs en interorganisme doit être rapprochée des chiffres sur les populations de chercheurs : l'INSU (CNRS et Universités) représente 56 % des chercheurs et 52 % des crédits incitatifs, l'Orstom respectivement

15 % et 3,5 % et l'IFREMER 29 % des chercheurs pour 24 % des crédits. La phrase sur le rôle marginal que jouerait l'INSU en matière de redistribution est à mettre en regard de ces proportions.

Page 32

L'INSU n'est pas favorable à ce que des organismes qui ne participent pas au financement d'un programme, en mettant dans la corbeille un budget incitatif distribuable, soient représentés dans les comités de programme.

L'INSU prend acte de la proposition du CNER d'inclure aux programmes les soutiens pour l'organisation et l'exploitation des missions à la mer, comme cela est déjà fait pour l'océanographie physique, chimique et biologique. Il juge cependant nécessaire de garder un espace de liberté pour les campagnes qui ne relèveraient pas de programmes.

Page 34

L'INSU s'étonne que, compte tenu des populations respectives des chercheurs sur le domaine côtier à l'INSU (205) et à l'IFREMER et l'Orstom (115), le CNER puisse suggérer que l'IFREMER devrait seul assurer l'orientation des recherches dans ce domaine. Par contre, et en raison de la vocation de l'IFREMER, il est normal que cet institut joue un rôle important de donneur d'ordres, pour des recherches dans ces domaines océaniques.

Page 42

La gestion de la flotte INSU mériterait de faire l'objet d'un paragraphe séparé de celui consacré à l'IFRTP.

Dans le tableau donnant les budgets des flottes, nous ne reconnaissons pas, pour l'INSU, des chiffres familiers. En effet, la masse salariale est d'environ 15 MF et le fonctionnement des bateaux au maximum de 4 MF (3,9 pour 98). Le budget que l'INSU consacre au fonctionnement de la flotte qui lui est confiée est donc plutôt de l'ordre de 18 à 19 MF que de 23 MF. Si le chiffre de 23 MF n'est pas une erreur, il conviendrait de l'explicitier.

Page 45

La phrase sur la maintenance des matériels par l'IFREMER nous paraît peu compréhensible.

Pour ce qui concerne l'affrètement de la Curieuse par l'INSU, il faudrait mieux expliciter la proposition du CNER, en particulier sur l'affectation du budget que l'IFRTP engage aujourd'hui pour le fonctionnement de ce navire (de l'ordre de 4 MF/an).

La proposition de concentrer les efforts de l'IFREMER sur l'exploitation de la Cyana dans le cadre de l'offshore profond nous paraît discutable. En effet, d'une part les profondeurs atteintes par cet engin ne sont pas suffisantes (les zones à explorer vont de 1000 à 4000 m) et d'autre part il ne fait pas de doute que ce type d'application devrait nécessiter un sous-marin mieux instrumenté que la Cyana.

Page 48

Pour aider à l'interprétation de la pression sur les temps bateaux, il serait peut-être utile de préciser que dans certaines disciplines, en particulier celles relevant de la commission OPCB, une présélection sévère est faite *a priori* par les programmes nationaux.

Page 48

La proposition de créer une CNMO est sûrement bonne. Il conviendrait toutefois d'analyser plus finement son fonctionnement, en particulier la façon dont elle tiendrait compte des priorités

indiquées par les programmes. De plus il ne nous semble pas judicieux qu'elle soit compétente pour l'examen des projets de développements instrumentaux en général. Sa compétence devrait se limiter aux instruments liés aux navires. En effet, l'instrumentation à la mer ne peut être développée sans une interaction forte avec les programmes et les laboratoires.

Page 50

Nous avons fait largement « maigrir » les comités scientifiques des CIR. Aujourd'hui, le nombre de membres n'est pas de 30 mais de 17. Il faut en effet distinguer entre les membres et les invités.

Comme les CIR sont des unités propres de service (UPS) du département SDU du CNRS, nous ne comprenons pas pourquoi les membres des comités devraient être nommés par le ministère. De plus, une telle procédure, si elle devait être retenue, en alourdirait considérablement le fonctionnement.

Réponses de l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

ORSTOM

Le Président
du Conseil d'administration

Monsieur Jean Dercourt
Président du CNER
41, av. de la Grande-Armée
75116 PARIS

Paris, le 6 février 1998

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous faire parvenir une note de commentaires sur le projet de rapport de synthèse sur l'évaluation des programmes de recherche océanographiques et des moyens à la mer.

Cette note propose un certain nombre d'observations et suggère quelques précisions ou ajouts ici ou là, qui ne remettent en cause aucun élément fondamental de votre projet de rapport. Celui-ci a en effet été très apprécié par les quelques collaborateurs qui ont été appelés à l'étudier et sa version finale sera certainement très utile aux organismes concernés aus-

sitôt que le ministre aura fait connaître ses propres conclusions.

Le court délai dont nous avons disposé pour faire connaître nos commentaires n'a pas toujours permis de les développer très longuement, et je reste à votre disposition pour tout éclaircissement que vous pourriez souhaiter.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Philippe LAZAR

Note d'observation sur le rapport du CNER sur la recherche océanographique et les moyens à la mer

Compte tenu du calendrier extrêmement serré cette note ne fait pas une analyse détaillée de l'ensemble des propositions du CNER. Elle met simplement l'accent sur quelques points qui appellent des commentaires de la part de l'ORSTOM.

Les programmes et leurs orientations

A) Les systèmes d'observations in situ et l'océanographie opérationnelle (pages 20-23)

La nécessité du passage à une véritable océanographie opérationnelle est mentionnée dans le cadre de l'océan global et de l'environnement planétaire. Elle concerne aussi l'environnement côtier où des réseaux de surveillance existent déjà. Une telle activité d'observatoire est impérative et ne peut être menée de manière suffisamment pérenne dans le cadre des programmes de recherche. Il faut pour les mettre en œuvre des impulsions et des ressources extérieures fortes et aussi une organisation véritablement opérationnelle qui ne se dessine pas à l'heure actuelle.

B) Programme paléoclimats/ paléoenvironnement (page 21)

Une réflexion interorganismes est actuellement en cours sur la réorganisation du PNEDC pour faire émerger d'une part un programme sur la variabilité climatique et d'autre part sur ses impacts. Il n'y a pas de raison *a priori* que l'étude des paléoclimats ne soit pas incluse dans le programme variabilité climatique.

C) L'océanographie côtière (pages 22-23)

La compréhension du texte et de la recommandation qui le suit, serait améliorée si les quatre programmes évoqués étaient formellement mentionnés. Il s'agit du programme national d'océanographie côtière (PNOC), du programme national de recherche sur les récifs coralliens (PNRCO), du programme national sur les efflorescences algales toxiques (PNEAT) et du programme national sur le déterminisme du recrutement (PNDR-GLOBEC).

Par ailleurs, l'absence de prise en compte de la biodiversité par le PNOC, évoquée page 22, s'explique par le souci de ne pas empiéter sur

le programme national sur la biodiversité qui reprend l'ensemble des projets (y compris ceux de l'océanographie) traitant de biodiversité.

D) Les recherches halieutiques (page 24)

1 – S'il est indéniable que, à l'échelle mondiale 90 % du tonnage des captures proviennent des zones côtières, il est néanmoins pertinent de mentionner qu'en valeur le schéma est très sensiblement différent. En ce qui concerne les pêches françaises, les captures faites en haute mer (thonidés) occupent la première place en terme de valeur.

2 – « Le Comité s'interroge sur l'utilité de la recherche halieutique dans les pays où les données de base ne sont plus ou imparfaitement collectées ».

L'utilité de la recherche halieutique en elle-même, ne saurait être mise en question dès lors que pour un pays la pêche représente un des tout premiers secteurs économiques et qu'elle est une source essentielle pour l'alimentation de la population. La recherche vise à comprendre l'évolution du secteur dans son ensemble (état des ressources, schéma d'exploitation et de commercialisation) pour émettre des avis objectifs ou des recommandations de gestion afin de minimiser les conflits d'usage éventuels tout en assurant la viabilité de l'exploitation (qui passe par une préservation des ressources à un niveau compatible avec son renouvellement et avec l'exploitation qui en est faite). Des problèmes de maintenance des systèmes de suivi (collecte et gestion des statistiques de pêche) ont pu être constatés dans certains pays après le transfert et le départ partiel (Sénégal – Côte d'Ivoire) ou total (Congo) de personnels de l'ORSTOM. Ces dysfonctionnements ont en général des répercussions extrêmement négatives pour la gestion des pêches dans le pays considéré mais souvent aussi à une échelle plus large (régionale, internationale). Ces répercussions négatives dépassent le coté finalisé de la gestion, et affectent celui de la recherche en général, tant les séries de données longues sont d'un intérêt capital au plan international de la recherche. Ainsi et pour ces raisons, l'ORSTOM s'efforce dans la mesure de ses moyens et selon sa mission de pallier ces déficiences sans implication trop lourde (missions,

accueils...). À l'heure actuelle ces déficiences n'affectent pas de manière rédhibitoire, les institutions et pays dans lesquels des agents de l'ORSTOM sont affectés pour l'exécution de programmes de recherche. L'évolution de la situation des systèmes de collecte dans les PVD partenaires actuels ou passés de l'ORSTOM, fait l'objet d'une attention toute particulière de la part de l'Institut.

Lorsque la situation de la maintenance des systèmes de suivi devient par trop critique (aucuns moyens locaux) l'ORSTOM est alors contraint d'abandonner une coopération qui n'a plus d'autre objet qu'une substitution pure et simple, dont l'ampleur et le coût dépassent les moyens de l'Institut.

Cette question majeure de l'implication de personnels de recherche dans des tâches récurrentes d'observation et de collecte de données de terrain, évoquée aussi dans les domaines de l'environnement global ou côtier, demeure cruciale dans la mesure où les personnels (ingénieurs et techniciens) de recherche dans les organismes sont en nombre et en qualité insuffisants pour y faire face de manière exhaustive.

3 – La recommandation concernant le renforcement des efforts de recherche sur la question des capacités techniques de capture, est particulièrement justifiée. Elle mériterait d'être explicitée. Il s'agit en effet d'intensifier l'effort de recherche sur la question de l'accroissement de la puissance et l'efficacité de pêche des navires, induit par l'innovation technologique. Il s'agit d'une question majeure dont les répercussions sur les ressources, mais aussi sur les méthodes d'évaluation (dynamique des populations, standardisation de l'effort de pêche), et sur la viabilité économique des pêcheries sont considérables. Il est indéniable que l'effort de recherche dans ce domaine est insuffisant ; l'ORSTOM s'est engagé récemment dans une opération de recherche de ce type pour ce qui concerne les pêcheries thonières tropicales.

4 – Page 25 (recommandation)

L'halieutique est un domaine de recherche et non une science. Elle doit donc par définition prendre en compte l'ensemble d'un système dont l'action d'extraction ou pêche (exploitation de ressources vivantes sauvages côtières et hauturières) n'est qu'un élément particulier. Élaborer des recommandations de gestion dans une optique de viabilité sur le moyen et le long terme, implique nécessairement une approche systémique et donc pluridisciplinaire : de la

compréhension de l'impact environnemental (écologie) sur la variabilité naturelle d'une ressource, jusqu'aux conditions d'exploitation et de commercialisation, qui viennent en interaction. Cet ensemble correspond à la définition d'un système « complexe » et... compliqué. Cet ensemble peut trouver sa place dans un grand programme, mais ce dernier ne saurait se limiter aux objectifs implicites de son intitulé proposé « environnement côtier ».

E) Les technologies marines (pages 28-30)

L'inventaire fait des instruments océanographiques développés en partenariat industriel illustre la faiblesse française dans ce domaine. On ne peut se contenter de « production à caractère semi-industriel » et de « réussite techniques et scientifiques » dans ce domaine.

Bien des équipements cités ne dépassent pas le stade du prototype et ne débouchent pas sur une véritable industrialisation à caractère commercial. Bien des études ont été faites et de nombreux groupes de travail se sont réunis dans des cadres divers pour définir les priorités en matière de développement de l'instrumentation. Là n'est pas vraiment le problème. Il se situe plutôt au niveau d'une méthodologie pour assurer le succès industriel et commercial d'un développement instrumental.

Les moyens et l'organisation des programmes

1 – page 30

Les laboratoires et les personnels de recherche n'étaient apparemment pas dans le mandat du CNER. Néanmoins, le point soulevé de l'insuffisance des moyens consacrés au traitement des données est crucial et mériterait un examen particulier.

2 – Pages 34

Si l'IFREMER et l'INSU peuvent avoir un rôle particulier à jouer dans les programmes nationaux, ceux-ci sont par définition pluriorganismes et l'on ne saurait exclure les autres organismes participant à ces programmes de la responsabilité de leur initialisation et de leur révision en tenant compte de leurs missions spécifiques ni les priver de leur capacité de proposition dans les domaines qui les concernent.

La flotte

1 – Formation, page 42

« Le comité regrette que les unités de l'IFREMER et de l'ORSTOM ne soient pas du tout

utilisé pour la formation ». Cette remarque et la suggestion implicite qu'elle comporte, recueille un intérêt tout particulier de l'ORSTOM qui y souscrit. La formation dont il est question ne saurait cependant se limiter au sens « formation académique ou universitaire française » tel qu'il semble évoqué ici. De nombreux jeunes chercheurs de PVD sont régulièrement embarqués sur les unités de l'ORSTOM à des fins de formation à la recherche par la recherche. Il n'en demeure pas moins que l'Institut prend bonne note de cette remarque et va étudier comment concrétiser un effort particulier de formation d'étudiants sensu stricto.

2 – Personnels navigants de l'ORSTOM (pages 42-43)

Page 42 (paragraphe concernant les personnels navigants de l'ORSTOM) et recommandation de la page 43 :

« Le CNER constate que ce système pose deux problèmes.... » : Le régime d'affectation des personnels navigants est une clause du « contrat » (contrat à durée indéterminée) qui lie l'ORSTOM et ces personnels. L'ORSTOM est conscient des problèmes liés à ce contrat et à entamé une réflexion pour explorer et quantifier les conséquences d'une révision dans le sens exact préconisé par le CNER. Les implications d'une modification du type de celle proposée par le CNER auront en effet des conséquences sur : l'effectif total des personnels navigants qui devront travailler en rotation, le coût global, l'efficacité opérationnelle du système.

L'ORSTOM est déjà bien conscient du problème spécifique et du coût que représente l'affectation de personnels navigants sur le navire de recherche sénégalais (N.O Louis Sauter). Des demandes et incitations fortes ont été faites de manière répétée à l'ISRA pour une « sénégalisation » progressive du personnel navigant. L'ISRA (Institut sénégalais de

recherches agricoles), principal partenaire de l'ORSTOM au Sénégal, est dans une situation critique de même que le CRODT (Centre de recherche océanographique) qui en dépend. L'ORSTOM est donc engagé depuis quelques années dans un dialogue difficile avec l'ISRA en général et le CRODT en particulier. L'affectation des personnels navigants de l'ORSTOM s'inscrit donc dans le contexte plus large d'un partenariat important tant avec l'ISRA qu'avec le Sénégal en général. La remarque du CNER appuiera l'Institut pour réitérer son souhait d'une sénégalisation rapide du personnel du L. Sauter et d'un retrait progressif des personnels de l'ORSTOM. Une solution intermédiaire de mise en rotation, pendant les temps d'arrêt du bateau, d'une partie des personnels affectés est envisageable.

3) Page 49 : accès aux navires de l'ORSTOM pour des équipes d'autres organismes. Page 50 : Proposition de CIRTROP.

La programmation des navires de l'ORSTOM ne peut se faire exactement suivant le même schéma que celle des navires hauturiers de l'IFREMER ou des navires de façade du CNRS. La coopération avec les partenaires et la finalité développement imposent un cadre programmatique déterminé. L'accès effectif « aux navires de l'ORSTOM » pour des équipes d'autres organismes doit être envisagé dans ce cadre. Pour le favoriser l'ORSTOM pourrait comme il est suggéré page 32 accroître (par le canal d'appels d'offres ciblés) son rôle d'agence d'objectifs et de moyens pour les recherches dans les PVD et les DOM TOM et mettre en place un système adapté d'évaluation des réponses à ces appels d'offres.

Qu'il s'agisse du CIRMAT, CIRMED ou des navires ORSTOM la prime éventuelle donnée aux programmes nationaux et européens ne doit pas être systématique et ne doit pas biaiser l'évaluation scientifique objective qui doit être faite des différents projets.

Annexes

AVERTISSEMENT

Les annexes qui suivent répondent à un double objectif : accroître la lisibilité du rapport de synthèse de l'évaluation en l'allégeant des informations scientifiques et techniques intermédiaires, afin de mettre en évidence les recommandations du CNER ; constituer un recueil des données sur lesquelles sont étayés les avis et les délibérations du comité. Il s'ensuit que les analyses qui figurent dans ces annexes, qu'elles rendent compte des programmes de recherche en océanographie ou des moyens à la mer, ne prétendent en aucun cas à l'exhaustivité. Elles résultent d'un choix délibéré, se situant dans le prolongement des réflexions que le CNER a conduites de concert avec ses experts et qui lui paraît éclairer ses propositions.

S'agissant de l'examen des programmes, il convient de noter que les recensements bibliographiques ont été établis sur la base des listes de publications communiquées au CNER par les organismes. Certains programmes signalés dans ce rapport en sont démunis lorsque les éléments bibliographiques correspondants n'ont pas été communiqués au comité dans les délais impartis. Une véritable étude bibliométrique reste à faire afin d'étayer la notoriété des recherches menées dans ce domaine.

Enfin le CNER a constaté qu'il est parfois difficile d'accéder aux informations techniques et financières concernant certaines technologies marines ou certains équipements en cours de développement. Plus de transparence en ce domaine serait sans doute souhaitable sans porter atteinte aux impératifs industriels que sous-tendent de telles opérations. En l'état actuel, la pertinence des choix, les processus de développement, les modes de coopération industrielle et les comparaisons internationales relatives à l'efficacité des équipes n'ont pu être établies. Le rapport se limite ainsi à une description des dispositifs instrumentaux intéressant la recherche océanographique.

Ce recueil est constitué de sept parties ; la première est consacrée à l'analyse sous une forme homogène de quelques grands programmes de recherche en océanographie, classés selon la thématique retenue pour l'évaluation ; la seconde partie traite des moyens à la mer, de leur gestion et de leur programmation ; l'annexe 3 présente pour chaque organisme une estimation des dépenses consolidées 1996 de la recherche publique en océanographie ; enfin les quatre dernières contiennent les listes des personnes consultées au cours de l'évaluation, des documents examinés, des sigles utilisés dans cet ouvrage ainsi, que le décret constitutif du CNER.

NOTA : Ces annexes n'ont pas été communiquées aux quatre organismes concernés dont les commentaires, figurant dans les pages précédentes, ne portent que sur le rapport principal d'évaluation.

ANNEXE 1

Programmes de recherche en océanographie et campagnes à la mer

Environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques

Par ses capacités de stockage, de transport et d'échanges d'énergie et de masse, l'océan joue un rôle fondamental dans la machine climatique et dans les grands cycles biogéochimiques, notamment celui du carbone. L'enjeu central des programmes relevant de cette thématique est de comprendre et prédire l'évolution globale du climat et les impacts régionaux de sa variabilité.

La dynamique océanique, les couplages océan-atmosphère et la prévision climatique

Les recherches dans ce domaine sont organisées autour de :

- deux projets internationaux (TOGA : **Tropical Ocean and Global Atmosphere** ; WOCE : **World Ocean Circulation Experiment**), qui s'intéressent aux échelles globales et à tous les océans et sont traités au sein du « programme national d'étude de la Dynamique du Climat » (associant CEA, CEMAGREF, CNES, CNRS, IFRT, IFREMER, INSU, Météo-France, ministère de l'Environnement, ORSTOM), volet français du programme mondial de recherche sur le climat ;
- le programme national PATOM (programme « Atmosphère et Océan à moyenne échelle »), focalisé sur la méso-échelle (associant CNES, CNRS, ministère de la Défense, EDF, IFREMER, INSU, Météo-France, SHOM/CMO) avec de fortes connexions européennes.

L'océan tropical et l'atmosphère globale (Tropical Ocean and Global Atmosphere – TOGA)

Le projet TOGA a débuté en 1985 et s'est terminé officiellement fin 1994. Les observations *in situ* et satellitaires, les études de processus ainsi que les efforts de modélisation et de prévision climatique se poursuivent dans le cadre du projet CLIVAR (*Climate Variability and Prediction*).

Objectifs, chantiers et méthodes

Le projet TOGA vise la compréhension de la variabilité haute fréquence du climat (saison à quelques années) et à terme la prévision climatique à ces échelles de temps en région intertropicale, où le couplage entre l'océan et l'atmosphère est particulièrement fort.

Les objectifs du projet consistent à décrire ce couplage, à comprendre comment il crée des variations climatiques à court terme et à déterminer dans quelle mesure ces variations peuvent être prévues à l'avance. Ce projet est, pour l'essentiel, focalisé sur l'Océan Pacifique tropical (avec des compléments dans l'Atlantique tropical et la communication entre le Pacifique et l'Océan Indien par les détroits indonésiens) et sur le phénomène couplé El Niño – Oscillation Australe (ENSO), qui constitue le signal climatique haute fréquence le plus significatif à l'échelle du globe. Les équipes françaises ont plus spécifiquement étudié le Pacifique Tropical Ouest, qui constitue le plus important réservoir océanique de chaleur du globe et est le siège des interactions océan-atmosphère les plus déterminantes vis-à-vis du phénomène ENSO. Pour comprendre ce mécanisme complexe et en prédire l'apparition et l'amplitude grâce à des modèles couplés océan-atmosphère, il est indispensable de procéder à des observations systématiques des caractéristiques thermohalines des couches superficielles de l'océan. Les objectifs du programme ont donc justifié un effort considérable de collecte systématique et d'analyse de données océaniques *in situ*. Elles sont acquises notamment à partir de réseaux de bateaux marchands (lanciers de sondes perdables, mesures par thermosalinographes automatiques embarqués), d'un réseau de mouillages dans le Pacifique tropical (paramètres météorologiques et structure thermique superficielle de l'océan) les équipes françaises ont participé au développement et à la maintenance de la partie ouest de ce réseau initié par la NOAA (*National Oceanographic and Atmospheric Agency* des États-Unis) en 1985 et par bouées dérivantes. Ces observations de terrain sont complétées par la validation et l'analyse des données d'altimétrie satellitaire (GEOSAT puis surtout TOPEX-POSEIDON) qui donnent accès aux variations de la topographie globale de la surface de la mer, aux courants géostrophiques et au déplacement des masses d'eaux superficielles.

Résultats marquants

Ce programme a permis de progresser de façon déterminante dans la compréhension du phénomène El Niño grâce à des avancées très significatives dans le domaine de l'observation (*in situ* et satellitaires), de l'analyse des jeux de données océanographiques et de la modélisation. Concernant les processus, on retient notamment :

- la mise en évidence dans les observations et les modèles du rôle des ondes océaniques et de leur réflexion sur les côtes est et ouest du Pacifique vis-à-vis de la variabilité interannuelle de cet océan, et notamment du déplacement du réservoir d'eau chaude au cours des différentes phases d'un Niño ;
- la prise en compte du rôle des précipitations et de l'évaporation sur les océans tropicaux et de l'importance de la distribution de la salinité des couches superficielles dans le contrôle des échanges océan-atmosphère ;
- l'importance des écoulements entre le Pacifique central et l'océan Indien oriental par les détroits de l'archipel indonésien dans le couplage entre El Niño et les moussons indiennes et nord-australiennes ainsi que de son impact dans d'autres régions, notamment l'Atlantique tropical.

Dans le domaine de la modélisation numérique, le modèle français décrivant la dynamique des régions tropicales est maintenant l'un des plus performants au niveau international et des progrès très importants ont été faits dans les techniques d'assimilation des données dans les modèles. La construction de bases de données de sub-surface concernant les trois océans, orientées vers la description de la variabilité thermohaline globale de sub-surface au cours de la décennie 1984-1994 et utilisée comme référence quantitative pour l'évaluation des modèles en mode forcé ou en mode couplé est un acquis très important du programme.

Ce programme a débouché enfin sur un premier résultat positif, mais encore isolé, de prévision un an à l'avance d'un « El Niño » (celui de 1992), mais les mécanismes du déclenchement du phénomène El Niño ne sont pas encore totalement élucidés.

Organismes et équipes impliqués

La participation française au projet est de l'ordre d'une cinquantaine de chercheurs, dont une moitié à temps plein. Il s'agit principalement de physiciens de l'ORSTOM, du CNRS et des Universités [Centres ORSTOM de Nouméa et Brest, Universités de Paris 6 (UMR 121), de Toulouse (UMR 5566) et de Grenoble (UMR 5519)].

Ces équipes sont en liaison avec l'IFREMER (banque de données SISMER), le CNES (notamment pour TOPEX-POSEIDON) et les atmosphériciens de Météo-France et du laboratoire de Météorologie Dynamique (pour les études à l'interface océan / atmosphère et les modèles couplés).

Ce programme se caractérise par des collaborations internationales très actives, notamment avec les États-Unis (NOAA et universités) et au niveau européen (centre européen de Reading en Grande-Bretagne notamment).

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Pour la période considérée, aucune campagne à la mer relevant du projet TOGA n'a été réalisée, mais ce programme a bénéficié de plusieurs dizaines de campagnes entre 1985 et 1993 dans le Pacifique et les détroits indonésiens. Pour l'essentiel, les relevés de bouées et de mouillages sont faits actuellement par des navires de la NOAA, et accessoirement par des navires français au cours de transits valorisés. L'effort de

l'ORSTOM concernant les observations (par sondes perdables et thermosalinographes automatiques embarqués) à partir du réseau de navires marchands se poursuit à partir de Nouméa et du Havre.

Étude de la circulation de l'océan mondial (World Ocean Circulation Experiment WOCE)

Le projet WOCE a débuté en 1987 et s'est terminé pour l'essentiel en 1997 en ce qui concerne les campagnes à la mer.

Objectifs, chantiers et méthodes

Le projet WOCE se propose d'étudier la régulation par l'océan du climat et de ses changements sur des périodes de temps longues (une ou plusieurs décennies). Il vise l'obtention d'une description d'ordre zéro (état stationnaire) de l'océan entier, l'établissement d'un jeu global de données représentatif de l'ensemble de la circulation océanique d'énergie thermique et de masse et le développement de modèles de la circulation océanique globale (et leur validation par ces données), dont la connaissance est indispensable à la modélisation des fluctuations climatiques décennales. Ces objectifs impliquent une observation de l'océan à plus grande profondeur (jusqu'au fond) et aux latitudes plus élevées que ne le proposait le projet TOGA et l'acquisition d'un ensemble de données physico-chimiques multi-paramètres extrêmement précises lors des campagnes à la mer. Ils reposent aussi sur l'utilisation des données d'altimétrie satellitaire (TOPEX-POSEIDON) qui permettent d'atteindre une vue synoptique de la circulation générale et de ses variations.

Dans le cadre d'un partage international du travail, les équipes françaises se sont consacrées à l'étude *in situ* de l'Atlantique Sud et équatorial et de la partie sud de l'Océan Indien jusqu'à l'Antarctique. Elles ont aussi largement contribué au développement des applications de l'outil d'altimétrie satellitaire et de la modélisation.

Résultats marquants

Un colloque international de synthèse a été organisé à Brest, au début du mois de juin 1997, sur les résultats obtenus depuis 1987.

Parmi les résultats principaux, on retient notamment la mise au point d'un modèle global de prévision de la marée océanique, indispensable pour l'interprétation des données altimétriques (TOPEX-POSEIDON). Ce modèle, développé à Grenoble est aujourd'hui utilisé par l'ensemble des scientifiques utilisant les données des altimètres embarqués.

Une quantification précise des circulations et des transports (chaleur, masse, sels) dans l'Atlantique Sud et équatorial a été apportée. La progression des masses d'eau dans l'Atlantique équatorial a pu être établie par le suivi de la distribution des traceurs d'origine anthropique (chlorofluorocarbones, tritium).

L'étude des mécanismes de mélange et de diffusion verticale et horizontale a montré que les processus de mélange sont extrêmement variables dans l'espace, notamment en fonction de la topographie et de la profondeur.

La période actuelle est la période d'analyse des données, d'abord secteur par secteur, puis bassin par bassin, enfin à l'échelle globale en liaison avec la modélisation.

Organismes et équipes impliqués

La participation au programme est de l'ordre d'une quarantaine chercheurs, dont un tiers à temps plein. Il s'agit principalement de physiciens du CNRS, de l'ORSTOM, de l'IFREMER et de l'université UMR 121 (laboratoire d'océanographie dynamique et de climatologie – LODYC) à Paris 6, UMR 5566 (LEGOS) à Toulouse, UMR 5519 (laboratoire d'écoulements géophysiques et industriels – LEGI) à Grenoble, UMR 6523 (laboratoire de physique de l'océan – LPO) à Brest, Centres ORSTOM de Cayenne et de Brest en liaison avec le Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM), le CNES (notamment pour TOPEX-POSEIDON) et l'IFRTP (pour l'océan Indien Sud).

Ce programme s'inscrit par construction dans un réseau dense de collaborations internationales (une quarantaine de pays impliqués dont Allemagne, Royaume-Uni, États Unis).

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Pour la période considérée, six campagnes WOCE ont été effectuées sur des navires hauturiers pour un total de 270 jours environ : en 1994, deux campagnes d'hydrologie dans l'Atlantique sud et intertropical, CITHER 2, 82 jours, à bord du N/O Maurice Ewing (États-Unis, échange avec le N/O L'Atalante) et ROMANCHE, 13 jours, à bord du N/O Le Noroît ; en 1995, CITHER 3, 83 jours à bord du N/O L'Atalante, ETAMBOT 1, 36 jours à bord du N/O Le Noroît ; en 1996, ETAMBOT 2, 47 jours à bord du N/O Le Noroît.

La dynamique océanique et les échanges océan-atmosphère à méso-échelle (programme national « Atmosphère et Océan à moyenne échelle » PATOM)

Le programme national « Atmosphère et Océan à moyenne échelle » (PATOM) fait suite à une action concertée de la DGRST et au programme national « Atmosphère météorologique et Océan superficiel ». Orienté au départ essentiellement sur l'atmosphère, ces programmes n'ont véritablement intégré l'océanographie de moyenne échelle qu'à partir de la création du PATOM en 1994.

Objectifs, chantiers et méthodes

Le programme PATOM a pour objectif principal la compréhension et la paramétrisation des processus de transfert et de transformation d'énergie qui déterminent, aux petites et moyennes échelles, les variations des milieux atmosphérique et océanique

et qui interagissent aux grandes échelles avec l'évolution météorologique et climatique. Les enjeux du programme sont l'amélioration de la prévision du temps et des fluctuations climatiques haute fréquence (saison à année) par intégration des phénomènes de méso-échelle dans les modèles, et l'amélioration de la prévision de l'état de l'océan tant pour les besoins civils que militaires.

Pour son volet océanographique, le PATOM poursuit trois séries d'objectifs :

- la paramétrisation et la modélisation des processus physiques déterminant les flux à l'interface océan-atmosphère (interactions vent-vagues, vagues-courants, vagues-turbulences,...) et les échanges de gaz (CO₂, sulfure de diméthyle,...) ;
- l'étude des processus océaniques de moyenne échelle au large et en zone côtière, notamment les processus générateurs de la variabilité à moyenne échelle (topographie, forçage atmosphérique,...), les structures cohérentes de moyenne échelle (anneaux, tourbillons, fronts,...) et les circulations océaniques dans les zones marginales (plateau continental) et leurs interactions avec la circulation générale ;
- l'étude des mécanismes de mélange dans l'océan et la pénétration du forçage atmosphérique, notamment la dynamique de la couche mélangée océanique, l'interaction de la couche mélangée océanique avec la dynamique à moyenne échelle et son rôle dans la formation des eaux modales intermédiaires et profondes, la subduction et la ventilation de la thermocline.

Organismes et équipes impliqués

Le PATOM soutient au total une centaine de chercheurs (équivalents plein temps). La participation au volet océanographique du programme est de l'ordre d'une trentaine de chercheurs, dont la moitié environ à plein temps. Il s'agit principalement de physiciens du CNRS et de l'Université UMR 121 (laboratoire d'océanographie dynamique et de climatologie) et URA 2076 (laboratoire de physique et de chimie marines) à Paris 6, UPR 9047 (centre d'étude des environnements terrestre et planétaire) à Velizy, UMR 5560 (laboratoire d'aérodynamique) et URA 1357 (groupe d'étude de l'atmosphère météorologique – Météo France) à Toulouse, UMR 5559 (laboratoire de géophysique interne et tectonophysique) à Grenoble, UMR 6523 (laboratoire de physique des océans) à Brest, UMR 138 (institut de recherche sur les phénomènes hors équilibre) à Marseille en liaison avec le SHOM et Météo-France.

Ce programme inclut de nombreuses collaborations européennes (Angleterre, Irlande, Allemagne, Norvège,...) et internationales (États-Unis).

Avis du CNER et perspectives concernant les recherches sur la dynamique océanique, les couplages océan-atmosphère et la prévision climatique (projet TOGA et CLIVAR, projet WOCE et programme PATOM)

Concernant les recherches traitant de la dynamique océanique, des couplages océan-atmosphère et de la prévision climatique, le CNER constate que la communauté est structurée en un nombre restreint de laboratoires de renommée internationale.

Le CNER note l'excellence des résultats obtenus et la place très significative des équipes françaises sur le plan international dans les quatre domaines que sont :

- l'obtention des données à la mer lors des campagnes océanographiques ou à partir de réseaux de mesure (mouillages, bouées, réseaux de navires marchands). Sur ce point la place prise par les équipes de l'ORSTOM pour la mise en œuvre de l'observation océanique pré-opérationnelle mérite en particulier d'être relevée ;
- l'obtention, la validation et le traitement des données satellitaires. Sur ce point il faut souligner le bond qualitatif qu'a fait franchir le satellite franco-américain TOPEX-POSEIDON et la part essentielle qu'y ont pris les équipes françaises (CNES, INSU, ORSTOM) ;
- les études de processus (ORSTOM et INSU pour TOGA ; INSU, IFREMER, ORSTOM, IFRTP pour WOCE ; INSU, IFREMER, SHOM pour le PATOM) ;
- le développement de la modélisation, avec notamment des avancées importantes en modélisation couplée océan-atmosphère et pour l'assimilation des données dans les modèles.

Les résultats obtenus ces dernières années justifient le passage à des projets plus ambitieux de modélisation avec assimilation des données *in situ* et satellitaires ; une attention particulière doit être portée aux moyens de calcul pour que les équipes françaises accèdent au meilleur niveau européen dans ce domaine. Pour l'océan, cette modélisation devrait avoir à terme le même caractère opérationnel que pour l'atmosphère, les modèles de circulation générale océanique et les modèles de circulation générale atmosphérique ayant vocation à être couplés pour contribuer à la prédiction climatique inter-saisonnière. Les projets nouveaux de modélisation (*CLIPPER*, *MERCATOR*) tendent notamment vers cet objectif.

La nécessaire mobilisation des moyens et des hommes pour le calcul numérique et les satellites implique aussi des moyens soient dégagés pour les études de processus et l'obtention des indispensables données *in situ* qui suppose, à terme, le passage à une océanographie opérationnelle.

Il convient enfin d'insister sur les synergies à développer, tant en modélisation que dans les études de processus, entre les recherches sur la dynamique générale de l'océan et celles consacrées aux grands cycles biogéochimiques, aux régions côtières et aux ressources marines vivantes.

L'océan et les grands cycles biogéochimiques

La recherche française sur le rôle de l'océan dans les grands cycles biogéochimiques est organisée au sein d'un projet et d'un programme internationaux qui poursuivent les mêmes objectifs et que nous traiterons conjointement :

- le projet CO₂ du programme national d'étude de la Dynamique du Climat ;
- le programme *Joint Global Ocean Flux Study* – JGOFS qui en France associe CEA, CNRS/Sciences de la vie, IFREMER, IFRTP, INSU, ministère de l'Environnement et ORSTOM ;

Le programme JGOFS-France fait suite au programme français « Flux de matière dans les océans », lancé en 1978 dans le cadre du programme interdisciplinaire de recherche PIROcéan, et qui s'est fortement développé à la suite de la création du programme international d'étude globale des flux océaniques (JGOFS) sous la houlette du programme international « Géosphère-Biosphère ». Une phase d'acquisition des données à la mer est prévue dans le cadre de JGOFS sur la période 1987-2000 ; elle sera suivie d'une phase de synthèse et de modélisation de quelques années.

Objectifs, chantiers et méthodes

L'objectif est de décrire, comprendre, quantifier et modéliser les flux de matière, de carbone notamment mais aussi des métaux lourds, dans l'océan, et les flux de gaz (CO_2 , sulfure de diméthyle,...) entre l'océan et l'atmosphère. Une meilleure compréhension des processus responsables de ces flux est notamment nécessaire à une bonne connaissance du rôle tampon que l'océan peut jouer vis-à-vis de l'augmentation de la teneur en CO_2 de l'atmosphère et constitue actuellement un enjeu scientifique essentiel dans la modélisation de l'effet de serre et de l'évolution du climat.

L'océan est, globalement, un puits important pour le gaz carbonique rejeté dans l'atmosphère naturellement et par l'activité humaine. La cinétique de l'échange de CO_2 entre l'océan et l'atmosphère est déterminée par la différence de pression partielle de CO_2 entre les deux milieux et par la vitesse du vent. La pression partielle de CO_2 dans l'océan et sa variabilité spatiale et temporelle sont les principales inconnues pour quantifier l'échange de CO_2 entre l'océan et l'atmosphère.

Trois processus font varier la pression partielle du gaz carbonique dans l'océan :

- l'advection, horizontale ou verticale, qui amène en surface des eaux qui ont une pression partielle variable en fonction de leur origine ;
- les changements de température de l'eau, et dans une moindre mesure de sa salinité, qui font varier la solubilité des gaz (la solubilité du gaz carbonique dans l'eau de mer augmente lorsque la température diminue) ;
- la « pompe biologique », autrement dit la demande biologique de CO_2 , au départ de laquelle se trouve la fixation de gaz carbonique par la « prairie » phytoplanctonique lors de la photosynthèse, et le cycle du carbone dans l'océan depuis les couches de surface jusqu'aux plus grandes profondeurs et à l'interface eau-sédiment.

Pour les équipes françaises, ces objectifs sont poursuivis par des études de processus à l'échelle de provinces océaniques (Atlantique tropical nord-est, Pacifique équatorial, Océan austral et Méditerranée), par l'obtention de séries continues de mesures à des points fixes (Méditerranée Occidentale, Kerguelen), par un inventaire global de la distribution du CO_2 dissous et de la chlorophylle à la surface des océans (mesures par bateaux marchands, bouées dérivantes et satellites), enfin par le développement de modèles.

Un des projets français a débouché sur une importante opération (*Mass Transfer and Ecosystem Response – MATER*), financée par l'Union européenne (*Marine Science and Technology – MAST 3*) et qui concerne notamment l'évaluation des flux de matière et de carbone dans trois régions de la Méditerranée et la réponse de l'écosystème

benthique profond. Cette opération, coordonnée par un laboratoire français, reçoit pour trois ans un financement communautaire de 70 MF.

Résultats marquants

On note en particulier les résultats suivants :

- l'estimation de la production primaire à partir des données des satellites « couleur de l'eau », qui constitue un travail de référence au plan international ;
- les premières estimations fiables de la production primaire nouvelle dans le Pacifique équatorial Ouest ($<300 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$) ;
- la mise en évidence de l'importance du contrôle des processus biogéochimiques de production par la physique, en particulier l'advection par de forts courants zonaux ;
- l'évaluation précise du rôle du picoplancton dans le contrôle de la photosynthèse ;
- la mise en évidence de l'importance du rôle de la matière organique dissoute pour l'export de carbone des couches de surface en Méditerranée ;
- le développement de la modélisation, notamment de la modélisation couplée physique / biogéochimie ;
- l'établissement d'une banque de données hydrologiques, biogéochimiques et écologiques ;
- la démonstration de l'importance du rôle de puits de l'océan austral pour le CO_2 d'origine anthropique et du rôle du fer sur le contrôle de la production primaire et donc du fonctionnement de la pompe biologique de CO_2 ;
- l'étude de la variabilité de la pression partielle de CO_2 dans l'Océan Atlantique Nord, la Mer des Caraïbes et l'Océan Pacifique intertropical ; le développement d'un capteur chimique pour la mesure de la pression partielle de CO_2 , destiné à être installé sur des bouées dérivantes CARIOCA, en cours de développement au LODYC.

Organismes et équipes impliqués

La participation à JGOFS-France et au volet océan du programme national d'étude de la dynamique du climat – PNEDC – CO_2 est de l'ordre d'une centaine de chercheurs, dont un tiers à temps plein. Il s'agit de chercheurs du CNRS et de l'ORSTOM et d'universitaires, répartis dans les laboratoires suivants : UMR 121 (Laboratoire d'océanographie dynamique et de climatologie – LODYC) (CNRS / ORSTOM / Université Paris 6) à Paris, URA 2076 (Laboratoire de physique et chimie marines – LPCM) et URA 2077 (Océanographie biologique et écologie du plancton marin) à l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-mer (CNRS / Université Paris 6), URA 2071 (Laboratoire d'océanographie biologique) à l'Observatoire océanologique de Banyuls (CNRS / Université Paris 6), UPR 9042 (Centre d'études d'océanographie et de biologie marine) à Roscoff, ERS 580 (Centre des faibles radioactivités – CFR) à Gif-sur-Yvette (CNRS / CEA), UMR 5566 (LEGOS) à Toulouse, UMR 6535 (Laboratoire d'océanographie et de biogéochimie – LOB) au Centre d'océanologie de Marseille (CNRS / Université Aix-Marseille 2), UPR 223 (Microbiologie marine) à Marseille, UMR 6539 (Flux de matière et réponse du vivant) à Brest, URA 715 (Transfert de la matière et enregistrement sédimentaire) à Perpignan, Centre ORSTOM de Nouméa.

Campagnes à la mer pour la période 1994-1997

Pour la période considérée, huit campagnes se sont déroulées dans le Pacifique, l'océan Indien Sud et la Méditerranée : en 1994, FLUPAC, à bord du N/O L'Atalante, dans le Pacifique central, 38 jours, OLIPAC, à bord du N/O L'Atalante, dans le Pacifique oriental, 33 jours, ANTARES, à bord du N/O Marion Dufresne, dans le Sud de l'océan Indien et en océan Austral, 51 jours ; en 1995, DYNAPROC, à bord du N/O Le Suroît, en Méditerranée occidentale, 34 jours, EUROMARGE, en Méditerranée occidentale, 35 jours, ANTARES II, à bord du N/O Marion Dufresne, dans le Sud de l'océan Indien et l'océan Austral, 42 jours ; en 1996, EBENE, à bord du N/O L'Atalante, dans l'océan Pacifique et MINOS, à bord du N/O Le Suroît, en Méditerranée orientale, 40 jours. Au total, il s'agit de 273 jours environ de campagne.

Publications parues entre 1995 et 1997

	1995	1996	1997 et soumis
Publications A	18	36	62
Thèses soutenues	4	3	9
Mémoires de DEA	?	?	?

Avis du CNER et perspectives concernant les recherches sur l'océan et les grands cycles biogéochimiques (projet CO₂ du PNEDC et programme JGOFS)

S'agissant des recherches traitant du rôle de l'océan dans les grands cycles biogéochimiques, le CNER note la cohérence dans l'utilisation des différents outils (satellites, études couplées à la mer des processus physiques et biogéochimiques, biologie fondamentale) et la grande qualité des résultats obtenus et publiés dans de nombreux articles de rang A.

Par ailleurs les performances de la communauté scientifique française en modélisation des processus biogéochimiques sont reconnues internationalement.

Il convient de soutenir ce programme pour la réalisation des campagnes prévues entre 1998 et 2000 et de veiller à la réalisation de la synthèse annoncée avant que de lancer de nouvelles opérations lourdes à la mer.

L'océan et les climats du passé

Les composantes du système climatique ont des constantes de temps très diverses et les observations instrumentales, qui se sont progressivement développées depuis le XIX^e siècle, ne donnent accès qu'à une gamme réduite de cette variabilité. Dans la perspective d'une prédiction de l'évolution globale du climat de notre planète et des impacts régionaux de sa variabilité, il est essentiel d'explorer les composantes

basse fréquence de ce système et, par conséquent, de « faire parler » les archives paléoclimatiques afin de reconstituer le climat du passé et de comprendre son évolution.

Sur le plan national, ces recherches sont menées dans le cadre de plusieurs programmes :

- le volet « paléoclimats » du programme national d'étude de la dynamique du climat (PNEDC) ;
- le programme « Variabilité de l'environnement de la Terre » (VARIENTE) de l'INSU ;
- le programme national récifs coralliens (PNRCC) ;

Ces travaux s'inscrivent dans des programmes internationaux : le programme ODP (Ocean Drilling Programme), l'action PAGES (Past Global Changes) du programme international Géosphère Biosphère (IGBP), avec notamment les sous-programmes PEP (Pôle-Équateur-Pôle), IMAGES (International Marine Global Change Study) et PMIP (Paleoclimate Modelling Intercomparison Project).

Ils font également l'objet de nombreux projets financés par l'Union européenne dans le cadre du programme « Environnement et Climat » du 4^e PCRD.

Objectifs, chantiers, méthodes

Les travaux portent sur les derniers millénaires, avec un objectif de résolution annuelle voire saisonnière dans la perspective de discriminer entre évolution naturelle du climat et forçage anthropique, et sur les dernières centaines de milliers d'années avec un objectif de résolution séculaire dans la perspective de mieux comprendre la dynamique des derniers cycles glaciaire-interglaciaire et les phases de changements rapides du climat.

Les archives paléoclimatiques étudiées sont essentiellement de trois types : (1) les glaces des calottes de l'Antarctique et du Groenland et des glaciers d'altitude ; (2) les sédiments marins et continentaux (lacustres) ; (3) certains systèmes biologiques, notamment les arbres et les coraux.

Ces recherches supposent une approche pluridisciplinaire, associant physique et chimie de l'atmosphère, de l'océan, de la cryosphère et de la biosphère, sédimentologie, micropaléontologie, palynologie, géochimie minérale, organique et isotopique, radiochronologie, glaciologie,... et techniques de modélisation. Les approches historiques et archéologiques viennent élargir encore ce spectre pluridisciplinaire.

Les objets étudiés dans le volet proprement océanographique de la paléoclimatologie sont les sédiments marins (littoral, plateau continental et bassins océaniques) et les constructions récifales.

Le matériel recueilli par carottage des sédiments marins et des sédiments littoraux, aujourd'hui émergés dans certains cas, permet de reconstituer les paléo-températures de surface de l'océan, les paléo-circulations océaniques et les paléo-extensions des glaces et la dynamique de leurs variations. En mer, les équipes françaises ont d'abord exploité les carottes recueillies au cours de campagnes du programme international Ocean Drilling Programme (ODP) qui fournissent des séries sédimentaires continues couvrant entre 10⁵ et 10⁷ années. Depuis 1995, à côté des carottiers à piston traditionnels en œuvre sur les navires de la flotte hauturière, elles utilisent le carottier géant du N/O Marion Dufresne II mis au point par l'Institut français pour la recherche

et la technologie polaires (IFRTP). Il permet de réaliser des carottes de plus de cinquante mètres et l'analyse à haute résolution des $0,5 \times 10^6$ dernières années (pour un taux de sédimentation de 10 cm/1 000 ans). Ce carottier est actuellement l'outil de travail privilégié des paléoclimatologues travaillant sur l'océan dans le cadre du programme international IMAGES. Pour quelques années au moins, le N/O Marion Dufresne est le seul au monde à permettre ce type d'étude.

L'étude des constructions coralliennes permet d'atteindre à la fois, avec une résolution excellente (au moins saisonnière) les variations du niveau de la mer et des températures de surface en zone intertropicale.

Résultats marquants

On note en particulier, dans les domaines où le volet océanographique de la paléoclimatologie joue un rôle important, les résultats suivants :

- la définition (ou l'amélioration) des calibrations des indicateurs biologiques et géochimiques pour la reconstitution des paramètres quantitatifs du climat (« fonctions de transfert »), notamment pour les compositions isotopiques en oxygène des foraminifères marins et les températures de surface et la salinité, les compositions chimiques (Sr/Ca, U/Ca) et isotopiques en oxygène des coraux et températures de surface,... ;
- la mise en évidence de différences fondamentales entre la circulation thermohaline actuelle et la circulation thermohaline des périodes glaciaires. Le modèle initial selon lequel la circulation thermohaline ralentissait simplement en période glaciaire tout en conservant la même répartition spatiale, s'est avéré inexact. La structure verticale et la dynamique de l'océan sont en fait profondément modifiées en période glaciaire, ces modifications entraînant des effets sur la répartition et la composition des eaux intermédiaires, sur la stabilité (moindre que l'actuelle) de la circulation thermohaline et sur la productivité biologique ;
- la mise en évidence par l'étude couplée des glaces (Groenland, Antarctique), des sédiments marins et des coraux, de périodes de fortes et très rapides oscillations des conditions climatiques et du niveau marin, aujourd'hui interprétées comme dues à des épisodes catastrophiques de débâcle glaciaire (événements de Heinrich) ;
- les avancées en matière de reconstitution par les modèles des climats du passé, grâce à un nombre croissant de données quantitatives mieux réparties dans l'espace et mieux calées dans le temps et au développement de modèles couplés océan-atmosphère. Des résultats particulièrement significatifs ont été acquis sur le dernier maximum glaciaire ($\approx 21\,000$ ans) et sur la période du « Sahara vert » ($\approx 6\,000$ ans).

D'autres résultats très importants, notamment la mise en évidence de la baisse naturelle importante de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère pendant les périodes glaciaires (réduction de l'ordre d'une soixantaine de ppm) sont à mettre uniquement au crédit des travaux sur les carottes de glace.

Organismes et équipes impliqués

On estime à une soixantaine de chercheurs, pour la plupart à temps plein, la participation aux recherches paléoclimatiques. Il s'agit de chercheurs du CNRS, du CEA, de l'ORSTOM et de l'université, avec le soutien technique et opérationnel de l'IFREMER et de l'IFRTP.

Les équipes participantes sont principalement celles du Centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette, du laboratoire de glaciologie et de géophysique de l'environnement de l'université de Grenoble, du Centre européen de recherche et d'enseignement en géosciences de l'environnement à Aix-Marseille, du département de géologie et d'océanographie de l'université de Bordeaux, de plusieurs laboratoires universitaires (Provence, Languedoc) et d'un laboratoire propre du CEA.

Campagnes océanographiques

Pour la période considérée, deux campagnes seulement peuvent être rattachées en totalité au programme Paléoclimat-Variante : SEDORQUA (1994) à bord du N/O Le Suroît, sur les marges continentales de l'Afrique tropicale et IMAGES-MD 101 (1995), de loin la plus importante, à bord du N/O Marion Dufresne sur la bordure nord de l'Atlantique. D'autres campagnes non référencées ont pu recueillir des carottes utilisées par les paléoclimatologistes. Il en résulte une sous-évaluation significative du nombre de publications répertoriées, qui ne comprennent que celles issues de ces deux campagnes et n'intègrent pas les publications décomptées plus loin au titre du programme national « Récifs coralliens ». Cette sous-évaluation a été partiellement compensée en prenant en compte quelques publications marquantes parues en 1997.

Publications parues entre 1995 et 1997

	1995	1996	1997
Publications A	-	2	5
Thèses soutenues	-	2	3
Mémoires de DEA	-	5	8

Avis du CNER

Pour les études traitant des paléoenvironnements et des paléoclimats, le CNER note l'excellence des résultats des équipes françaises sur la calibration des indicateurs biologiques et géochimiques, sur la variabilité climatique à l'échelle glaciaire-interglaciaire, sur les périodes de variation rapide du climat, sur les reconstitutions climatiques des derniers millénaires et sur la modélisation à partir des données paléoclimatiques. Dans ce domaine, la place internationale éminente de la recherche française est universellement reconnue.

Le comité s'interroge toutefois sur l'actuel éclatement des approches paléoclimatiques et paléoenvironnementales entre plusieurs programmes (Dynamique du climat, récifs coralliens, Variabilité de l'environnement de la Terre) et sur le cloisonnement relatif existant entre les études menées à partir des sédiments marins et celles menées sur des sites continentaux.

Le CNER recommande la mise en place, dans un cadre dépassant l'océanographie, d'un programme national de paléoclimats / paléoenvironnements à l'échelle planétaire.

L'océanographie côtière

La zone côtière qui comprend, dans son acception la plus large adoptée ici, le littoral, le plateau continental et s'étend jusqu'au talus continental, est un lieu d'échanges privilégié entre l'océan, le continent et l'atmosphère. On estime que le milieu côtier est à l'origine du tiers environ de la production biologique totale de l'océan ; sa contribution aux grands cycles biogéochimiques est très significative, malgré sa surface réduite. Par ailleurs, 50 % de la population mondiale vit à moins de 50 kilomètres de la côte et environ 90 % des ressources vivantes exploitées se situent dans le milieu côtier. Les questions d'aménagement, d'exploitation et de préservation (biodiversité, qualité des eaux, qualité des sites) s'y posent de manière de plus en plus aiguë et renvoient à des options parfois contradictoires, voire conflictuelles. Ce domaine concerne donc, outre les sciences du milieu physique et les sciences du vivant, les sciences de l'homme et de la société.

Les recherches en océanographie côtière sont organisées en France autour de quatre programmes nationaux et incluent le suivi à long terme du milieu côtier (activités d'observatoire et réseaux de surveillance).

Le programme national d'océanographie côtière (PNOC)

Les premières réflexions sur un programme national d'océanographie côtière (PNOC) ont été introduites par l'IFREMER. Le programme a débuté en 1991, date de l'attribution des premiers financements. Sa première phase s'est achevée en juin 1996 avec la tenue à Nantes d'un colloque de restitution dont les résultats ne sont pas encore publiés à ce jour. Une deuxième phase quadriennale a été lancée pour la période 1997-2000.

Le programme national d'océanographie côtière est la contribution française au programme international d'étude des interactions terre-océan dans la zone côtière (*Land Ocean Interaction in the Coastal Zone – LOICZ*), lui-même intégré au programme international Biosphère-Géosphère (PIGB). Il contribue également à l'action ELOIS (*European Land Ocean Interaction Studies*) co-financée au titre des programmes « Environnement et Climat » et « Sciences et Technologies marines » du 4^e programme-cadre de recherche et développement de l'Union européenne.

L'organisation de suivi du programme tient compte de sa vocation pluridisciplinaire et de ses préoccupations finalisées : aux côtés du binôme classique constitué par un comité directeur inter-organismes et un conseil scientifique figure depuis 1996 un comité des utilisateurs (comprenant des agences de bassin, des services de ports autonomes, mais n'associant pas de représentants des collectivités territoriales concernées, ni même d'associations professionnelles ou extra-professionnelles).

Objectifs, chantiers et méthodes

Le programme national d'océanographie côtière vise à répondre à deux séries de préoccupations :

- la contribution de l'océan côtier aux cycles biogéochimiques ;
- la qualité du milieu et la gestion des zones côtières.

Pour le premier volet, l'objectif ultime est de parvenir à une modélisation pluridisciplinaire des phénomènes côtiers. La diffusion et la dispersion de substances dissoutes dans l'eau ou de particules inertes ou vivantes dans le milieu marin sont sous la dépendance directe de l'hydrodynamique locale. De nombreuses questions d'ordre appliqué (devenir d'un rejet en mer) ou fondamental (transport de larves pélagiques vers des nourriceries littorales ou lagunaires) impliquent le recours obligé à la connaissance de la circulation instantanée et du transport résiduel, en particulier dans les mers à forte amplitude de marées. La dynamique sédimentaire constitue une composante essentielle du programme. Le fonctionnement des écosystèmes côtiers, notamment les écosystèmes exploités par la pêche ou l'aquaculture marine et lagunaire ou les écosystèmes soumis à des surcharges en éléments nutritifs d'origine agricole ou urbaine, font partie intégrante du programme. Enfin, s'agissant d'une zone marine dans laquelle les conflits d'usage et d'intérêt ne manquent pas, les recherches économiques et sociales concernant l'utilisation et l'aménagement du littoral en font également partie.

Quatre « chantiers » géographiques métropolitains ont été définis à l'origine du programme : baie de Seine, Atlantique, Méditerranée et étang de Thau.

Par ailleurs, un réseau d'observation réparti dans divers observatoires et stations marines, « les séries à long terme », constitue en quelque sorte un chantier horizontal sans lien direct avec les chantiers géographiques. Le but de ce réseau est de réunir des séries de données susceptibles de traitements statistiques pour l'interprétation des variations temporelles observées. Un autre chantier de même nature pourrait concerner l'hydrodynamique sédimentaire, sur un ou plusieurs sites ateliers.

L'étude de ces quatre chantiers doit être poursuivie dans la seconde phase du programme. Le chantier Guyane a été retenu en 1997.

Résultats marquants

Dans les deux grands champs qu'il se propose d'aborder, le programme national d'océanographie côtière a apporté des résultats nouveaux et importants :

- en ce qui concerne le rôle de l'océan côtier dans les cycles biogéochimiques, on retiendra les bilans biogéochimiques à méso-échelle des façades Manche, Atlantique et Méditerranée, avec notamment un bilan des apports de la Seine, de la Gironde et du Rhône à l'océan et la modélisation en trois dimensions de la circulation des masses d'eau sur les trois façades ;
- pour la gestion des zones côtières, on retiendra plus particulièrement les résultats concernant les phénomènes d'eutrophisation liés aux apports en fertilisants agricoles, les travaux sur la survie des germes pathogènes en mer et les conditions du maintien ou non de leur pathogénicité, enfin l'étude des relations entre dynamique biogéochimique des milieux lagunaires et aquaculture (étang de Thau).

Organismes et équipes impliqués

Les partenaires du programme sont l'IFREMER, le CNRS (INSU et département des sciences de l'univers) et le ministère de l'Environnement. Au total, l'INSU évalue à 263 personnes (soit 96 en équivalent temps plein) la communauté soutenue en 1997 par le programme.

Les équipes des quatre grands observatoires océanologiques relevant du CNRS et des universités (université Paris 6 : observatoires de Villefranche/mer, Banyuls et Roscoff ; université d'Aix-Marseille II : Centre d'océanologie de Marseille) ainsi que celles de l'ensemble du réseau de stations marines et de la direction de l'environnement littoral (DEL) de l'IFREMER, ont participé activement au programme national.

Pour la nouvelle phase du programme qui a démarré en 1997, l'ORSTOM, le BRGM et le SHOM sont devenus des partenaires du programme national, notamment pour le développement des travaux sur le chantier Guyane.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Les campagnes en mer se sont déroulées sur des navires côtiers, plus rarement sur des navires hauturiers. Pour le chantier Manche, il s'agit de deux campagnes totalisant 48 jours à bord du N/O Le Noroît en 1994, et d'une série de 21 campagnes de 1 à 8 jours à bord des N/O Thalia, Côte d'Aquitaine et Côtes de Normandie. Pour le chantier Atlantique, on note une campagne de 26 jours à bord du Suroît, une campagne de 15 jours à bord du N/O Poseïdon allemand et six campagnes de 1 à 12 jours à bord des N/O Côte d'Aquitaine, Gwen Drez et Thalia. Le Comité inter-régional Manche-Atlantique (CIRMAT) indique qu'en moyenne les campagnes relevant du programme national d'océanographie côtière et utilisant les navires côtiers représentent 7 % du total de l'activité, mais les statistiques identifient les projets faisant partie du programme européen Sciences et Technologies marines à hauteur de 13 %, ce qui correspond vraisemblablement aux campagnes « FluxManche », dans la ligne directe du chantier Manche du programme national et pour le compte des mêmes équipes. Il est ainsi plus raisonnable d'évaluer à 20 % l'activité des navires du CIRMAT consacrés au programme national d'océanographie côtière. Le chantier Méditerranée, pour sa part, a servi de cadre à 36 campagnes à bord des N/O Georges Petit, Europe, Téthys II et Korotneff. D'après les statistiques du Comité inter-régional Méditerranée (CIRMED), le PNOC Méditerranée utilise 17 % de l'activité des navires côtiers. Au total, on peut estimer que, durant sa première phase, le programme national d'océanographie côtière a nécessité l'utilisation de la flotte côtière à hauteur de près de 20 % de son activité, et l'utilisation des navires hauturiers à raison d'un mois par an au moins. Les demandes formulées au titre du programme national ont contribué à lever les réticences s'attachant à l'emploi de ces navires sur le plateau continental.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1995

	1994	1995
Thèses	3	7
Publications A	13	18
Publications B et colloques	11	21
Rapports	40	14
Mémoires de DEA	2	4

Un colloque sur « les séries à long terme » (SLT) s'est tenu en 1996 à Arcachon ; les principaux résultats ont été publiés dans la revue *Oceanologica Acta*.

Le programme national « Récifs Coralliens » (PNRCO)

Le programme national Récifs coralliens, créé en 1991, résulte du développement d'une action incitative instaurée il y a une dizaine d'années entre l'INSU et l'ORSTOM. Le programme relève du programme international Géosphère-Biosphère.

Objectifs, chantiers et méthodes

Les actions du programme visent à stimuler les projets de nature multidisciplinaire et à encourager une ouverture plus large des recherches récifales françaises sur les grands programmes internationaux. Le programme obéit à une périodicité triennale. À la fin de chaque période, un colloque de restitution permet d'en établir le bilan et de définir les bases du programme de la période triennale suivante. La seconde phase du programme (1994-1996) a fait l'objet d'un tel colloque (Marseille, 1996).

Le programme national Récifs coralliens présente la particularité d'être dirigé par une structure unique, cumulant les fonctions de Comité directeur et de Comité scientifique. Les représentants des organismes qui financent le programme apprécient en direct la qualité des propositions soumises. Cette formule, vraisemblablement efficace, présente néanmoins le risque de l'effet de « club », ce qui n'est visiblement pas le cas actuellement.

Au cours de la période 1994-1996, le programme a focalisé son intervention sur un thème fédérateur unique : « *Cycle du carbone, des carbonates et des nutrilites dans les récifs coralliens : passé, présent, futur* ». Dans ce cadre, des axes de recherche précis ont été identifiés.

Résultats marquants

Les recherches des années récentes ont été focalisées sur le cycle du carbone, des carbonates et des nutrilites. Des résultats très significatifs ont été obtenus sur :

- 1) le métabolisme des coraux et des macrophytes ;
- 2) les bilans en carbone et carbonates des systèmes coralliens (fixation / exportation, croissance récifale / bioérosion) ;
- 3) les flux de nutriments et le fonctionnement des lagons d'atoll ;
- 4) l'écologie comparée des atolls (Tuamotu) ;
- 5) les reconstitutions paléocéanographiques et paléoclimatologiques (voir plus haut « L'océan et les climats du passé »).

Des résultats significatifs, acquis récemment mais correspondant à la phase antérieure du programme, concernent le recrutement des poissons inféodés aux récifs coralliens et les mesures directes de métabolisme *in situ* par respirométrie sous-marine. Enfin, l'hypothèse de *l'endo-upwelling*, avancée il y a une dizaine d'années pour expliquer la richesse des eaux lagonaires, demeure invérifiable avec les techniques utilisées.

Le comité regrette que ces travaux amont, de grande qualité, ne prennent pas explicitement en compte, sauf rares exceptions, et ne traduisent pas en thématiques de recherche les questionnements induits par les usages, y compris halieutiques, des milieux lagonaires et récifaux ainsi que les modifications anthropiques de ces milieux.

Depuis 1996, avec le lancement du projet ECOTROPE dans le lagon de Nouméa, le programme prend en compte les recherches sur les modifications d'origine anthropique de l'écosystème récifal. Il faut souhaiter son extension aux questions d'exploitation par la pêche, la surexploitation étant aujourd'hui largement répandue.

En matière de coopération internationale, l'existence du programme national a permis à la France de participer au forage sur la Grande Barrière australienne. Au niveau européen, les travaux sur les récifs coralliens ne sont pas étrangers aux très bons résultats des équipes françaises de paléoclimatologie, enregistrés dans le cadre du programme Environnement et Climat.

Organismes et équipes impliqués

Les équipes participant au programme national sur les récifs coralliens appartiennent au CNRS, à l'INSU et aux universités, à l'École pratique des hautes études (Perpignan et Moorea), à l'ORSTOM, au CEA, au Centre scientifique de Monaco et au groupe Elf-Aquitaine. Dans la moitié des cas, il s'agit de participation à temps plein, ce qui s'explique en particulier par la spécificité de l'écosystème corallien. Au total, le bilan établi pour la période 1994-1996 met en évidence plus d'une centaine de chercheurs travaillant sur les thèmes du programme.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Pendant la même période, aucune campagne océanographique sur un navire hauturier ne se réclame du programme national sur les récifs coralliens. Les embarquements destinés à rejoindre tel ou tel atoll ne sont pas pris en compte, et les travaux en lagons font appel à des embarcations légères.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	2	1	4
Publications A*	6	12	21
Publications B	-	10	27
Rapports et colloques	3	17	14

* Sous la rubrique "publications internationales", le bilan du programme national Récifs coralliens pour 1994-1996 fait apparaître 49 titres parus ou sous presse pour ces trois années. La différence provient de la prise en compte ou non des travaux sous presse.

Le programme national « Efflorescences Algales Toxiques » (PNEAT)

Les développements d'algues unicellulaires planctoniques sont généralement considérés comme bénéfiques pour leurs consommateurs. Dans certaines conditions hydrologiques et météorologiques, des espèces se développent de manière si intense qu'elles en arrivent, par leur concentration, à modifier la couleur apparente de l'eau de mer en surface. Ces phénomènes, connus sous le nom d'eaux décolorées ou d'eaux rouges, conduisent à des anoxies localisées. Sur les 4 000 espèces d'algues unicellulaires recensées, 200 environ sont responsables de tels phénomènes. De plus, certaines espèces d'algues sont nocives et produisent des toxines parfois mortelles. Ainsi, il existe des toxines diarrhéiques, qui sont concentrées dans les coquillages comestibles, mais il existe aussi des toxines paralysantes ou qui se comportent comme des poisons. Ces phénomènes sont d'origine naturelle mais au cours des deux dernières décennies leur nombre et leur intensité paraît croître.

Objectifs, chantiers et méthodes

En France, à la suite de plusieurs milliers d'intoxications sans gravité, un réseau de surveillance du phytoplancton et des phytotoxines (REPHY) a été mis en place en 1983 afin de détecter l'apparition de formes toxiques dans le plancton. Ce réseau garantit la sécurité du consommateur et fournit également des séries temporelles d'observation à long terme. En 1988, une grande efflorescence produite par *Chrysochromulina polylepis* dans les eaux scandinaves, avec des conséquences graves sur la faune marine et les élevages de salmonidés, a conduit à la mise en place d'un programme national de recherche sur les Efflorescences Algales Toxiques, financé par le ministère de l'environnement, l'IFREMER et le CNRS (programme interdisciplinaire sur l'environnement, puis INSU), afin de réunir toutes les compétences nationales existantes et de diriger les travaux sur les efflorescences toxiques ou nuisibles en métropole et dans les eaux tropicales des départements et territoires d'outre-mer.

Le programme est piloté par un comité directeur inter-organismes et par un comité scientifique qui l'a réactualisé en 1991 et en 1993 notamment.

Contrairement à d'autres exemples de programmes inter-organismes, les crédits apportés par les divers organismes sont redistribués en fonction des projets sélectionnés, quelle que soit l'appartenance des équipes proposantes. Les recherches sont financées pour la majeure partie par l'IFREMER et le ministère de l'environnement ; des équipes appartenant au CNRS et aux universités effectuent les recherches. Le programme a retenu des propositions émanant d'organismes ne le finançant pas comme l'INSERM.

Résultats marquants

Le CNER relève des progrès très significatifs dans :

1) la connaissance des facteurs biotiques et physiques (méso-échelle et petite échelle) qui favorisent les efflorescences algales ; dans ce domaine, parmi les principaux résultats, on peut citer la prédiction des efflorescences d'*Alexandrium minutum*, espèce

productrice de neurotoxines, la dynamique des efflorescences des *Dinophysis* et le transport des cellules du large vers le littoral avec le régime des marées dans les pertuis charentais ;

2) la connaissance des comportements adaptatifs des espèces algales toxiques ;

3) la détection biologique et physicochimique des phycotoxines ; l'existence d'une sous-population de petites cellules à taux de multiplication rapide chez *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* (espèce ichtyotoxique) et la toxicité de différents clones de *Prorocentrum minutum*, qui se traduit par l'apparition d'eaux rouges dans certains estuaires, ont été mises en évidence ;

4) la compréhension de leur bioaccumulation et l'évaluation de leur risque pour la santé humaine.

Au plan international, l'expérience française a été sollicitée en 1994 : la Commission océanographique intergouvernementale souhaitait confier à la France le secrétariat du programme international *Harmful Algal Blooms*. Les moyens minimaux requis (un secrétariat à plein temps) n'ont pu être réunis. Au niveau européen, le programme national sur les efflorescences algales toxiques a contribué à la réussite de plusieurs projets de recherche dans le cadre des programmes MAST et « Environnement et Climat ».

Organismes et équipes impliqués

Les partenaires du programme sont le ministère de l'environnement, l'IFREMER, le CNRS sciences de la vie et INSU.

Les principales équipes travaillant sur les efflorescences appartiennent à l'IFREMER (Centres de Nantes et de Brest), aux observatoires océanologiques universitaires, notamment de Marseille et de Roscoff, ainsi qu'à des stations marines et des laboratoires comme le centre de recherche en écologie marine et aquaculture de L'Houmeau (La Rochelle). Le Muséum national d'histoire naturelle et l'université de Caen participent également au programme. L'IFREMER travaille sur les toxines, mais également l'INSERM, l'Institut Louis Mallardé, le Centre national d'études vétérinaires et alimentaires (CNEVA), etc.

Au total, plus d'une cinquantaine de chercheurs participent à ce programme national, soit, en équivalent temps plein, une vingtaine.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

On note une seule campagne hauturière à bord du Suroît, de 18 jours, pour l'étude des facteurs régulant les populations de *Dinophysis* (baie de Seine, 1996). D'après les bilans pour la période considérée des Comités inter-régionaux de la flotte (IFREMER) aucune campagne de recherche demandée pour le programme national efflorescences algales toxiques n'a eu lieu sur des navires côtiers.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	..*	-	1
Publications A	9	8	7
Publications B et colloques	3	4	-
Articles d'ouvrages	1	8	3

* En 1993, trois thèses de doctorat ont été soutenues dans le cadre de projets du PNEAT.

Pendant la période 1994-1996, une publication dans *Nature* a été enregistrée : Courties et al., 1994, Smallest eukaryotic organism, vol. 370, p. 225.

Pendant la période 1994-1996, une publication dans *Nature* a été enregistrée : Courties et al., 1994, Smallest eukaryotic organism, vol. 370, p. 225.

Le programme national d'étude du déterminisme du recrutement (PNDR)

Ce programme a pour but de comprendre les mécanismes contrôlant la dynamique de population des espèces marines, notamment des espèces exploitées, au cours des premiers stades vitaux (œufs, larves et juvéniles), afin d'interpréter l'évolution à moyen terme des populations et la variabilité temporelle du recrutement. Deux approches ont été privilégiées : l'étude du cycle biologique d'espèces-cibles et son déroulement en mer ; l'analyse des mécanismes intervenant dans le contrôle des effectifs en utilisant les espèces les plus appropriées, en particulier vis-à-vis de l'expérimentation. Le programme se proposait de regrouper les écologistes de populations d'invertébrés et les halieutes.

Objectifs

Le constat fait à l'époque de la création de l'IFREMER par la fusion du CNEXO et de l'ISTPM, était le suivant : les modèles de gestion des stocks halieutiques ne tenaient pas compte de ce qui se passe avant le « recrutement », c'est-à-dire l'arrivée sur les lieux de pêche du jeune poisson, à l'issue du développement larvaire et juvénile. Or, si des animaux présentent une fécondité élevée (ainsi, une morue femelle pond chaque année 10^6 œufs par kilogramme de poids vif, soit au cours de sa vie une centaine de millions d'œufs), il ne subsistera *in fine* dans une population stable que deux morues adultes. La réduction drastique du nombre d'œufs pondus s'effectue pendant les premiers mois de vie du jeune poisson. Paradoxalement, l'espérance de vie, extrêmement faible à l'éclosion de la larve, s'accroît avec l'âge de l'animal, contrairement aux espèces à faible fécondité comme l'espèce humaine. Des mécanismes indépendants de la densité des jeunes ou dépendants de la densité sont à l'origine de fluctuations importantes des jeunes recrues. On conçoit la faiblesse explicative de modèles ayant pour origine la densité des recrues. De leur côté, les écologistes marins travaillant sur divers invertébrés ont développé des connaissances quantitatives sur les stades larvaires temporairement planctoniques et l'arrivée sur le fond des jeunes animaux métamorphosés.

Résultats marquants, chantiers, méthodes

Le programme dans **sa première phase** (1985-1991) s'est fixé deux espèces cibles, la sole *Solea vulgaris*, la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus* (étude globale) et quelques espèces modèles pour l'étude de processus particuliers (nutrition, survie larvaire, prédation) comme l'annélide polychète *Pectinaria koreni*.

S'agissant des espèces modèles quatre laboratoires français ont développé des canaux d'expérimentation permettant d'examiner l'arrivée des jeunes animaux sur le fond, après métamorphose des larves dans le plancton, en fonction de la nature et de la texture des sédiments et de la vitesse du courant. La détermination de l'aire de dispersion d'une population de larves constitue un second volet du programme.

Dans une **seconde phase** (1993-1998), l'anchois a été retenu comme espèce cible, dans le golfe de Gascogne et dans le golfe du Lion. L'ORSTOM s'est associé à ce programme.

Un colloque de restitution est prévu en 1998. Il devrait conduire à définir les suites à apporter au programme.

Le programme national d'étude du déterminisme du recrutement est orchestré par un comité directeur pluri-organismes, soutenu par un bureau inter-organismes (comprenant le directeur du programme, le président du comité scientifique qui appartient au CNRS et un représentant de l'IFREMER), enfin par un comité scientifique.

La France a été la première à mettre en œuvre un programme de cette nature. Son existence a permis aux équipes françaises de participer à certaines opérations de partenariat européen.

Organismes et équipes impliqués

Les organismes impliqués dans le programme sont l'IFREMER, le CNRS – INSU et sciences de la vie, enfin l'ORSTOM.

77 personnes (*selon l'IFREMER*) appartenant à des observatoires et à des stations marines de l'INSU et des universités, à l'IFREMER, à l'ORSTOM, à l'École pratique des hautes études et au Muséum national d'histoire naturelle, travaillent à temps partiel sur des projets financés par le programme national d'étude du déterminisme du recrutement. L'INSU recense pour 1997 un effectif de 110 personnes soutenues financièrement, soit 47 équivalents temps plein.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Les campagnes faisant l'objet de demandes dans le cadre du programme se sont déroulées sur des navires côtiers, et ne concernent, pour la période considérée, que le littoral Manche-Atlantique. Elles représentent 8 % environ de l'activité globale, soit une cinquantaine de jours de campagne par an.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	4	4	-
Publications A	6	11	30
Publications B et colloques	16	22	19
Rapports et mémoires de DEA	17	27	13

L'observation et la surveillance du milieu côtier

Depuis quelques décennies, les deux activités d'observation et de surveillance du milieu marin ont tendu à s'identifier à un organisme. La création de l'INSU et l'émergence de la notion d'observatoire océanologique (universités – CNRS) ont accentué cette tendance qui veut qu'aujourd'hui l'INSU assure une mission d'observation et l'IFREMER une mission de surveillance (réseau national d'observation de la qualité du milieu marin – RNO –, réseau de surveillance du phytoplancton et des phytotoxines – REPHY –, réseau de surveillance microbiologique – REMI –). Les stratégies scientifiques diffèrent sur un certain nombre de points :

Dispositifs d'observation : le but est de suivre à long terme l'évolution des milieux naturels pour en dégager des tendances qui portent sur l'année, voire sur quelques dizaines d'années. On s'intéresse alors à des changements globaux de très faible amplitude. La stratégie adoptée repose sur l'observation à méso-échelle spatiale, des mesures identiques en tous les points, le choix de paramètres globaux, un positionnement des stations de mesure sur des emplacements représentatifs. L'utilisation des données recueillies, en temps différé, intéresse essentiellement la communauté scientifique.

Dispositifs de surveillance : le but est de suivre en temps quasi réel des modifications des caractéristiques de l'environnement, susceptibles de varier sur une courte durée et d'avoir des effets indésirables ou néfastes. La stratégie adoptée repose sur le choix d'un certain nombre de paramètres chimiques ou biologiques, en fonction de la valeur d'usage de la zone côtière, sur l'identification des seuils d'alerte lorsque des valeurs critiques sont atteintes, sur l'implantation d'une grande densité de points de prélèvement, notamment dans les sites critiques. Les données collectées doivent impérativement être immédiatement disponibles, car elles peuvent conduire à des prises de décision qui doivent être rapides pour atteindre leur objectif (protection du consommateur, de l'usager, lutte contre une pollution, etc.).

Les deux systèmes ont des points de rencontre : 1) au niveau des paramètres de base du milieu ; 2) au niveau des techniques analytiques et du traitement des données ; 3) au niveau de l'archivage. Dans certains cas, la communauté scientifique utilise en fait des données acquises à des fins de surveillance et d'alerte : c'est le cas du réseau d'observation REPHY consacré à la détection des efflorescences d'algues unicellulaires toxiques dans les eaux côtières. Une analyse comparée des deux systèmes permettrait vraisemblablement de mettre en évidence certaines synergies.

D'autres éléments ne facilitent pas la comparaison entre les deux systèmes. Le coût des réseaux RNO, REPHY et REMI, certainement difficile à déterminer, n'a pas été fourni par l'IFREMER. S'agissant d'opérations identifiées, dont l'une au moins fait l'objet d'un contrat entre le ministère de l'environnement et l'IFREMER (RNO), il doit être possible d'évaluer ce coût. Dans le cas des activités d'observation de l'INSU, les difficultés sont plus grandes encore, car ces activités ne sont pas identifiées et gérées dans le cadre des services d'observation (du type des observatoires géophysiques et astronomiques), mais incluses dans les programmes correspondants. Ainsi, les deux mouillages méditerranéen et austral de suivi des flux de matière dans la colonne d'eau, DYFAMED et KERFIX, apparaissent comme deux volets du programme *Joint Global Ocean Flux Study* (JGOFS-France), utilisés à la fois pour la recherche et pour l'observation, avec un budget qui ne couvre qu'une partie des dépenses (de l'ordre de 200 000 F par an pour chacun des deux sites) ; de la même manière, les observations faites à partir des observatoires océanologiques et des stations marines, dénommées « séries à long terme », constituent un volet du programme national d'océanographie côtière. En dehors des difficultés d'identification du coût total de ces activités, on peut s'étonner que soit intégrée une activité d'observation, par définition pérenne, dans un programme qui peut fort bien disparaître ou ne plus justifier l'utilisation des observations à long terme. D'ailleurs, il existe dans le budget de l'INSU une ligne « Services d'observation » totalement indépendante de la ligne « programmes ». Pourquoi n'en irait-il pas de même pour l'observation du milieu marin ?

Au niveau de l'utilisation des données et de leur publication, la situation est très différente entre surveillance et observation :

- **les activités de surveillance**, notamment lorsqu'elles répondent à une commande d'un ministère (cas du RNO) donnent lieu à un archivage informatique élaboré et à la publication trimestrielle des données validées. En outre, l'IFREMER a réalisé d'intéressantes synthèses portant sur cinq ou dix ans de surveillance, ce qui dégage des tendances à long terme parfois surprenantes : ainsi, dans l'estuaire de la Loire, on a longtemps relevé au cours des années 1980 des concentrations croissantes de l'insecticide DDT, interdit d'emploi dans notre pays depuis 1970. Cette augmentation des concentrations n'était pas liée à une utilisation frauduleuse du DDT, mais tout simplement à la dispersion lente des produits non utilisés et stockés sans précautions dans l'environnement.
- **les activités d'observation** du milieu marin pratiquées par l'INSU, dont l'origine ne remonte guère à plus d'une dizaine d'années et dont un colloque tenu en 1993 a défini les objectifs, ne donnent pas lieu à la publication de données validées de manière régulière, pas plus d'ailleurs qu'à un archivage organisé de manière à permettre sa consultation aisée. Toutefois, dans le cas des séries à long terme, un colloque tenu à Arcachon en 1996 a eu pour effet la publication d'un volume spécial d'une revue contenant de nombreux articles consacrés au traitement statistique et à l'interprétation de telles séries.

Pour rapide qu'elle soit, cette analyse, qui devrait être complétée en ce qui concerne les aspects logistiques (moyens de prélèvements et de mesures à la mer, techniques et laboratoires d'analyse), révèle un certain nombre de synergies possibles entre les deux approches, depuis le choix des stratégies jusqu'à l'archivage informatique et la mise en serveur des données, sous réserve que l'INSU considère que l'observation du milieu marin, comme l'observation du globe ou celle de l'atmosphère, relève des services d'observation qui constituent une des missions des observatoires.

Avis du CNER et perspectives concernant l'océanographie côtière

1) Depuis sa création, le **programme national d'océanographie côtière** a enregistré un échec sur lequel il convient de s'interroger. Il s'agit de la synergie attendue entre les physiciens, les sédimentologues et les écologistes d'une part et les socio-économistes d'autre part. Non seulement la synergie ne s'est pas produite, mais lorsqu'elle existe, les projets socio-économiques se développent sans relation aucune avec les océanographes. Une attitude volontariste devrait être adoptée par le comité inter-organismes en reconsidérant par exemple les critères d'éligibilité garantissant la composition minimale des disciplines et des chercheurs concernés par les projets de recherche. Aucun argument n'a été avancé, expliquant les raisons pour lesquelles cette méthode n'a pas été utilisée.

La pluridisciplinarité des différents secteurs scientifiques n'est donc pas correctement assurée. Cela tient en particulier à la taille des navires utilisés qui ne permet pas à des spécialistes de deux disciplines de procéder à des prélèvements simultanés. Lors des campagnes en mer, les navires côtiers de l'IFREMER doivent être accessibles plus systématiquement aux agents des autres organismes concernés.

2) Des éléments évidents de nature géopolitique plaident en faveur du développement d'un **programme d'étude des récifs coralliens**, dès lors que les critères de qualité scientifique sont remplis, comme c'est le cas ici. La communauté française spécialisée dans ce domaine est généralement considérée à l'étranger comme occupant la troisième place mondiale, derrière les États-Unis et l'Australie, et devant le Royaume-Uni. Une telle situation mérite certainement d'être conservée, sinon améliorée. Une plus grande concentration des équipes, une pluridisciplinarité plus intensive, peuvent certainement y contribuer.

3) Le **programme sur les efflorescences algales toxiques** est dynamique, bien équilibré. L'instance scientifique de coordination du programme procède à des réorientations raisonnées. Il est ouvert à toutes les équipes compétentes, que les organismes dont elles dépendent participent ou non au financement du programme. À en juger par le développement rapide des recherches dans de nombreux pays et au niveau international avec l'initiative prise par la Commission océanographique internationale avec le programme *Harmful Algal Blooms*, compte tenu de la qualité des résultats obtenus, le programme national sur les efflorescences algales toxiques doit être poursuivi.

4) Comme en témoigne le développement récent du programme international *Global Ecosystem*, le thème de recherche retenu dès l'origine par le **programme national d'étude du déterminisme du recrutement** conserve toute son actualité. La participation récente de l'ORSTOM à ce programme, justifiée par un projet pluridisciplinaire (*PICOLLO*) en Atlantique tropical, confirme l'intérêt de l'orientation choisie.

Pour tirer tout le fruit du rapprochement entre écologistes des populations et halieutes, il convient d'unifier la gestion des crédits disponibles, quelle que soit l'équipe sélectionnée, et surtout d'imposer un critère objectif de pluridisciplinarité : seuls devraient être éligibles les demandes comportant au moins deux équipes de recherche de disciplines différentes, écologistes, halieutes, ou océanographes physiciens. Une

réflexion approfondie sur les dispositifs expérimentaux développés au cours des années récentes mérite d'être conduite au niveau national, avec l'intervention de mécaniciens des fluides.

5) **L'observation et la surveillance du milieu côtier** gagneraient à être exercées de manière pérenne au sein d'un organisme (l'IFREMER paraît le mieux adapté à cette fonction) plutôt que dans le cadre d'un programme.

Les observations conduites par les chercheurs de l'INSU devraient être traitées en parfaite cohérence avec celles résultant des dispositifs de surveillance, ce qui implique de réfléchir à l'ensemble du système d'observation et de surveillance, capital pour les prises de décision à très court terme bien évidemment, mais également à long terme (évolution du trait de côte). Aucune concertation n'est notée avec le BRGM, en charge de l'évolution du trait de côte et du domaine émergé. Cela doit être revu.

6) En juin 1997, l'IFREMER et l'INSU ont créé un Comité d'orientation scientifique des recherches en environnement côtier (COSIREC). Il semble s'agir davantage d'un groupe *ad hoc*, puisque son mandat limité à 5 mois est « *de procéder à l'analyse des programmes en cours, replacés dans leur contexte international, pour y mettre en lumière les complémentarités, les champs où la mise en commun des actions menées au titre des différents programmes sera particulièrement féconde, enfin les contraintes de durée qui conditionnent les perspectives de mise en correspondance de ces actions.* » (Note IFREMER, juin 1997). Toutefois, la lecture du compte rendu de la première réunion de ce comité, tenue le 4 septembre 1997, révèle que la réflexion se focalise sur la création d'un grand programme dans le domaine côtier, le **programme national d'environnement côtier**, qui devrait fédérer différents programmes existants. Le CNER souscrit pleinement à cette orientation mais juge indispensable de reconsidérer les critères d'éligibilité ouvrant l'obtention de moyens nationaux pour conduire un projet de recherche, afin de parvenir à exploiter les synergies potentielles et à construire des démarches multidisciplinaires. L'écotoxicologie est légitimement admise comme une composante naturelle du programme national d'environnement côtier ; l'halieutique ne l'est pas. Cette lacune délibérée est grave dans la mesure où l'un des attendus de la création du COSIREC fait état de la priorité donnée aux propositions relevant des programmes du 5^e programme-cadre de recherche et de développement européen concernant « l'aménagement des zones rurales et côtières » où les recherches halieutiques sont appelées à occuper une place importante.

Les recherches halieutiques

Les captures des pêches mondiales, dont le taux d'accroissement annuel dépassait 6 % au cours des années 1950 à 1970, se sont progressivement stabilisées autour de 90 millions de tonnes par an, dont 90 % proviennent des zones côtières au sens large (littoral et plateau continental). Les experts de la Food and Agriculture Organisation estiment que ce tonnage pourrait encore être accru de 10 % et stabilisé aux environs de 100 millions de tonnes par an, sous réserve d'une diminution des capacités de capture et d'une modification des pratiques de pêche visant à préserver les individus les plus

jeunes et l'environnement et à mettre ainsi fin à la situation actuelle de surexploitation pratiquement généralisée.

La recherche halieutique vise à apporter les connaissances scientifiques nécessaires à un développement durable de cette exploitation des ressources marines vivantes (« pêche responsable ») en zone littorale, sur le plateau continental et en domaine hauturier, en la considérant à la fois dans son environnement bio-physico-chimique et dans ses conditions d'exercice techniques et socio-économiques. Ce caractère systémique de l'halieutique moderne suppose, outre l'approche biologique et écologique, une mobilisation interdisciplinaire, allant de l'océanographie physique aux sciences de l'homme et de la société.

Objectifs, méthodes, chantiers et résultats marquants

Les recherches halieutiques sont conduites selon trois axes complémentaires et indissociables :

- la collecte, la validation et l'analyse sur des périodes longues de données fiables sur les captures et les pêcheries et l'état des stocks exploités, ainsi que l'amélioration des méthodes et techniques directes et indirectes permettant d'atteindre ces objectifs. Ces données, qui viennent compléter, voire corriger, les données fournies par les professionnels et l'administration ou suppléer leur absence dans certains cas, sont essentielles pour diagnostiquer l'évolution probable des stocks et pour définir, sur des bases scientifiques objectives, les politiques d'exploitation (définition des totaux admissibles de capture, établissement de quotas, fixation des droits de pêche, définition de normes pour les engins de pêche voire interdiction de certains d'entre eux,...) ;
- l'étude des mécanismes physiques, biogéochimiques et biologiques qui déterminent l'évolution des stocks exploités et des écosystèmes qui les abritent ;
- l'étude des conditions pratiques, techniques et socio-économiques, dans lesquelles sont exercées les activités de pêche et de valorisation des produits de la pêche, toutes choses qui déterminent aussi la pression de pêche et son évolution.

Suivi des captures, des pêcheries et de l'état des stocks exploités

L'évaluation des stocks est confrontée à deux difficultés :

- on ne dispose pas de méthode permettant de dénombrer, à un instant donné, tous les individus d'un stock ;
- l'abondance des stocks change en permanence sous l'influence d'une multitude de facteurs naturels et anthropiques ; il faut donc constamment actualiser les diagnostics précédents.

Les scientifiques sont donc conduits à recourir à un « *dénombrement corrigé des cadavres* », c'est-à-dire à un suivi aussi rigoureux que possible des prises (débarquements et rejets en mer des prises non commercialisables), ces résultats devant être corrigés en permanence pour tenir compte de la mortalité naturelle qui vient s'ajouter

à cette mortalité par pêche. L'ordre de grandeur des dénombrements à opérer, pour chaque espèce exploitée, est compris entre 10^7 et 10^{10} . Les statistiques doivent être réunies par classes d'âge. Pour de nombreuses espèces, cette opération revient à un classement par taille dans la mesure où leur croissance est rapide et les périodes de reproduction puis de recrutement sont courtes et déterminées par les rythmes saisonniers. Pour d'autres espèces à croissance plus lente ou à reproduction et recrutement plus continus, en particulier les thonidés et certaines autres espèces des régions intertropicales, des techniques de détermination de l'âge plus subtiles doivent être mises en œuvre, notamment la sclérochronologie (« ageage » par l'étude des « pièces dures »).

La principale faiblesse de cette méthode est qu'il s'agit d'une analyse retrospective. Pour actualiser les résultats obtenus, il est indispensable de procéder régulièrement à des campagnes de pêches scientifiques exécutées selon un plan d'échantillonnage rigoureux et standardisé, qui fournissent un indice d'abondance relative de référence.

On peut aussi procéder à des évaluations directes durant les phases de dispersion des œufs et des larves pélagiques de nombreuses espèces ; elles permettent d'obtenir une estimation de l'effectif initial à l'âge 0 et d'appréhender la variabilité de la reproduction. Mais cela n'est pas suffisant : en effet l'abondance à l'âge de 5 ou 6 ans d'une cohorte déterminée n'est nullement corrélée à son abondance initiale, la décroissance des effectifs jusqu'à l'arrivée des jeunes poissons dans la pêcherie, c'est-à-dire jusqu'à leur recrutement au sens halieutique du terme, étant extrêmement variable. Cela demeure une des grandes inconnues scientifiques de l'halieutique et constitue l'objet central du programme national sur le déterminisme du recrutement (*voir supra*).

Mer communautaire

Depuis une quinzaine d'années, l'Union européenne a décidé de gérer en commun les ressources halieutiques de la mer communautaire. Une politique commune des pêches, fondée sur le principe de la « stabilité relative », a été élaborée. Pour chaque stock exploité, a été établie une clé de répartition à partir des antécédents de captures de chaque pays pendant une période de référence. Chaque année, des évaluations sont pratiquées par les scientifiques des établissements de recherche des États membres (l'IFREMER pour la France). Les résultats sont discutés au sein d'un forum scientifique indépendant pour l'échange et la confrontation des données nationales, le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), créé au début du siècle et dont le siège est à Copenhague. Ce conseil fournit chaque année les **totaux admissibles de capture** pour chaque stock, sur la base desquels le Conseil des ministres en charge des pêches décide, en conformité avec les clés de répartition, les quotas attribués à chacun des États membres de l'Union. Le CIEM présente le grand intérêt de permettre aux scientifiques de prendre en compte les écarts existant encore dans les déclarations de débarquements fournies par les États membres. Grâce à ces corrections, les prévisions en matière de totaux admissibles de capture sont beaucoup plus fiables que si l'on se fondait sur les statistiques officielles produites par les États membres. Le tableau ci-dessous fournit la puissance des flottes de pêche des États membres pour 1995 et les débarquements en poids et en valeur :

Flottes de pêche des États membres – 1995

	Puissance motrice en kW	Débarquements en tonnes	Débarquements en MF 1994
Danemark	412 723	1 853 436	2 496
Espagne	1 849 993	1 162 963	11 729
Royaume-Uni	1 104 406	667 584	6 841
France	997 548	616 090	5 570
Pays-Bas	436 197	544 562	2 074
Italie	1 513 871	353 197	6 698
Irlande	190 501	280 976	835
Suède	328 686	379 014	633
Portugal	416 010	240 717	1 781
Grèce	662 768	171 055	2 137
Allemagne	167 692	119 626	641
Finlande	174 608	103 420	170
Belgique	65 889	21 820	378
Total	8 320 092	6 515 460	42 083

Thons tropicaux

Pour les pêcheries françaises, les débarquements de thonidés arrivent au premier rang en valeur (près de 1100 MF, pour 183 000 tonnes débarquées – chiffres de 1995). Ceux-ci proviennent à plus de 90 % (165 000 tonnes – chiffres de 1995) des régions intertropicales des trois océans, les flottilles françaises intervenant surtout dans l'océan Atlantique et l'océan Indien.

Pour l'océan Atlantique, l'ORSTOM joue un rôle essentiel dans le suivi des débarquements et des stocks à partir de ses observatoires de Côte d'Ivoire (premier port de débarquements de thonidés dans l'Atlantique tropical) et du Sénégal. Les données sont analysées et utilisées pour la gestion des stocks et l'établissement des accords de pêche dans le cadre de la Commission internationale pour la conservation des thons de l'Atlantique (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna – ICCAT*).

Pour l'ouest de l'océan Indien, l'ORSTOM a largement contribué au montage d'observatoires nationaux des pêches thonières à Madagascar, aux Seychelles et à Maurice, dans le cadre de la Commission de l'Océan Indien.

Autres ressources des pays en développement

L'ORSTOM a aussi joué un rôle très important dans la mise au point des systèmes de collecte et de gestion des statistiques de pêches (ressources démersales et pélagiques) dans un certain nombre de pays, notamment en Afrique (Sénégal, Côte d'Ivoire, Congo, plus récemment Guinée). On observe depuis quelques années, sauf en Guinée où l'ORSTOM continue à jouer un rôle très actif dans le montage d'un véritable observatoire des pêches, des problèmes de maintenance de ces systèmes aujourd'hui nationaux, ce qui a des conséquences néfastes sur la gestion des stocks, sur les négociations des accords de pêche pour ces pays et sur la recherche halieutique elle-même.

Approches scientifiques « amont »

Amélioration des méthodes et techniques directes et indirectes et des modèles permettant l'évaluation des stocks

Afin d'améliorer la fiabilité des estimations des stocks, qui constituent les bases indispensables de toute recherche halieutique, plusieurs voies de recherche sont privilégiées, notamment :

- l'amélioration de l'échantillonnage et du traitement des données par l'utilisation des outils géostatistiques ;
- le développement de grandes bases de données ; ces bases de données sont de plus en plus souvent géographiquement référencées (systèmes d'information géographique) ;
- une approche prometteuse concerne l'évaluation directe de l'abondance des stocks avec les méthodes acoustiques. Il s'agit de l'écho-intégration, qui consiste, dans un volume d'eau déterminé, à intégrer l'énergie acoustique rétrodiffusée par les poissons. La valeur intégrée est liée à la biomasse présente dans le volume d'eau analysé. Cette technique, développée depuis une quinzaine d'années, donne des résultats très prometteurs grâce à l'apport des techniques numériques. Les sondeurs analogiques à écho-intégration sont largement utilisés pour la pêche commerciale, où il s'agit de repérer des biomasses localement très importantes. Depuis quelques années, l'IFREMER a utilisé les techniques numériques qui permettent un traitement des signaux beaucoup plus poussé : analyse de la forme des bancs, meilleure précision sur la taille individuelle, etc. L'ORSTOM, dont les équipes étudient le comportement des bancs de petits poissons pélagiques, a contribué en tant qu'expérimentateur à la mise au point des logiciels. Les progrès réalisés avec ces techniques sont encourageants, même s'il n'est pas encore possible d'évaluer des biomasses d'une espèce déterminée de poisson à une échelle synoptique (il s'agit, pour un stock donné, d'évaluer la biomasse présente sur des dizaines de milliers de kilomètres carrés) ;
- les recherches sur la répartition spatiale et le comportement des espèces qui sont déterminants pour comprendre leur capturabilité. Dans ce domaine sont utilisées notamment les observations *in situ*, les outils acoustiques passifs (marquage et *tracking*) et actifs (écho-intégration) et les méthodes, concepts et modèles de l'éthologie ;
- les recherches biologiques, notamment celles concernant la reproduction et la croissance des espèces, la détermination de l'âge des poissons par sclérochronologie (étude des pièces dures, en particulier les otolithes) et les distinctions entre stocks par les approches génétiques ;

Écologie halieutique

Dans le domaine des relations entre ressources exploitées, environnement et biodiversité, plusieurs voies de recherche sont privilégiées :

- la relation entre les captures et le recrutement, lui-même largement déterminé par les facteurs physiques, demeure une question centrale. Ce sujet de recherche a été évoqué précédemment dans le cadre du programme national d'étude du déterminisme du recrutement (PNDR – cf. *supra*) ;
- les études historiques et de processus visant à analyser les relations entre la variabilité des ressources et de la biodiversité et la variabilité du climat et des facteurs environne-

mentaux ; dans ce domaine une attention particulière est portée aux relations inter-spécifiques et à l'apparition, ou la disparition, brutale de certains stocks. Ces phénomènes impliquent une étude globale de l'écosystème au sein duquel se trouvent la ou les cibles recherchées et le traitement de séries temporelles longues ;

- les impacts de la pêche sur les peuplements. La structure et le fonctionnement du peuplement dans lequel se trouvent une ou plusieurs espèces exploitées ne sont pas indépendants de la mortalité différentielle induite par l'activité de pêche sur cette ou ces dernières. Des dérives à long terme peuvent se produire, comme, dans le cas des pêcheries de coquilles Saint-Jacques, le développement de la crépidule (une espèce de gastéropode filtreur introduite en France il y a une cinquantaine d'années) ;
- les études des potentialités halieutiques de régions peu exploitées (potentialités d'exploitation des thons à la palangre dans la zone économique exclusive de Polynésie Française, potentialités halieutiques des monts sous-marins découverts dans la zone économique exclusive de Nouvelle Calédonie).

Dynamique des systèmes d'exploitation et systèmes de gestion

La compréhension des déterminismes sociaux, techniques et économiques, ainsi que celles de l'impact des mesures de gestion des stocks sont des composantes indispensables de la recherche halieutique. Plusieurs champs de recherche s'y rattachent, notamment :

- l'étude de la puissance des bateaux et des capacités techniques de capture : la même puissance installée à bord d'un chalutier britannique ou espagnol ne représente pas, tant s'en faut, la même efficacité de pêche. Or, la politique commune des pêches peut agir dans deux directions : l'une consiste à définir les totaux admissibles de capture d'où découlent les quotas, la seconde consiste à limiter les capacités de capture, c'est-à-dire en pratique à décider des réductions de la puissance installée. Pour cela, il est indispensable d'analyser en permanence les progrès technologiques des unités de pêche, afin de répondre à la question suivante : lorsqu'un navire ancien, de puissance XkW est remplacé par un navire moderne de puissance réduite aux deux tiers, la capacité de capture du nouveau navire est-elle plus faible, identique, voire plus élevée, que celle du navire supprimé ? Sur ce point, la recherche halieutique française, pas plus d'ailleurs que celle des autres États membres, ne fournit de réponse satisfaisante ;
- les techniques de pêche : l'IFREMER apporte une contribution importante à l'amélioration des techniques de pêche par la mise au point d'engins de capture (filets, chaluts) plus efficaces, l'accent étant progressivement mis sur des engins plus sélectifs et donc mieux respectueux des écosystèmes ;
- l'économie des pêches : en France comme dans d'autres États membres de l'Union européenne, les économistes des pêches ne focalisent pas suffisamment leurs travaux sur les points essentiels qui permettraient au pouvoir politique d'avancer dans le sens d'une réduction des capacités de capture. On peut estimer que le niveau actuel des prises de l'Union européenne pourrait être obtenu avec 40 % de navires en moins. Par exemple, le Conseil européen de la pêche accepte actuellement que les États membres subventionnent massivement la modernisation des flottilles, alors qu'on se trouve en situation de surexploitation. Cette surexploitation peut être considérée du point de vue économique comme une surcapitalisation.

Ce constat est fait de longue date et l'IFREMER dispose depuis une dizaine d'années d'un service d'économie maritime qui aurait pu se consacrer à ce type d'étude.

Malheureusement, quelques années après avoir été créé, ce service s'est vu confier une mission beaucoup plus large, s'adressant à l'ensemble des activités de l'établissement, puis s'est trouvé délocalisé auprès d'un institut de recherche du CNRS à Lille... Ces avatars successifs contribuent à expliquer la quasi-absence de résultats pertinents. L'ORSTOM pour sa part a développé l'approche socio-économique en halieutique, en particulier pour l'étude des pêcheries artisanales d'Afrique de l'Ouest et d'Indonésie (Mer de Java), de la filière pêche en Côte d'Ivoire et des pêcheries thonières industrielles et artisanales.

– l'étude critique des mesures de gestion des pêches (étude des déterminants techniques, juridiques, économiques sociaux et politiques de leur définition, estimation de leurs impacts, étude de leur degré d'acceptation par les professionnels,...) est un domaine essentiel, complémentaire du précédent, qui est encore très insuffisamment exploré par les chercheurs.

Projets intégrés

Ces différentes approches (suivi des stocks et des pêcheries, recherches méthodologiques, écologie halieutique, approches techniques et socio-économiques, modes de gestion) sont parfois intégrées dans des projets régionaux à caractère systémique, comme ceux développés notamment par l'ORSTOM et l'IFREMER en Guyane (ressources crevettières) et par l'ORSTOM au Sénégal et en Mauritanie (ressources céphalopodières), en Guinée (ressources démersales et pélagiques du plateau continental guinéen), en Indonésie (petits pélagiques de la Mer de Java) ou à Madagascar (ressources crevettières).

Organismes et équipes impliqués

En France, les recherches halieutiques sont conduites essentiellement par deux établissements et reposent sur un potentiel d'environ 200 personnes :

- l'IFREMER, dont les équipes d'halieutes sont issues pour l'essentiel de l'ancien Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM), traite surtout des pêcheries de la mer communautaire, mais mène également des programmes d'intérêt local ou régional dans les eaux de certains départements et territoires d'outre-mer. En halieutique, le potentiel de l'IFREMER est de 124 personnes dont 40 ingénieurs-chercheurs, 12 ingénieurs et techniciens travaillant dans le domaine des techniques de pêches et 72 ingénieurs et techniciens de « service public » ;
- l'ORSTOM traite de pêcheries intertropicales côtières et hauturières (thonidés) à partir d'un certain nombre de pays en développement et d'un certain nombre de départements et territoires d'outre mer. Le potentiel de l'ORSTOM en halieutique est de 70 personnes (54 chercheurs, 16 ingénieurs et techniciens), auxquelles il faut ajouter des chercheurs et techniciens appartenant aux organismes des pays partenaires.

Les deux organismes collaborent d'ores et déjà dans le domaine de l'acoustique et de la sclérochronologie (laboratoire mixte ORSTOM-IFREMER de sclérochronologie des animaux aquatiques installé à Brest – LASAA) et ont décidé de monter un centre conjoint de recherche halieutique méditerranéenne et tropicale à Sète.

Aux personnels de l'IFREMER et de l'ORSTOM, il convient d'ajouter un petit nombre d'enseignants-chercheurs des Écoles nationales supérieures d'agronomie de Rennes et de Montpellier, des universités Montpellier I et II et de l'université de Bretagne Occidentale (Brest). Les problématiques de la recherche halieutique sont très faiblement implantées dans la communauté universitaire et au CNRS. Seules, l'École nationale supérieure d'agronomie de Rennes ainsi que l'École nationale d'études vétérinaires de Nantes proposent actuellement un véritable enseignement en halieutique.

Campagnes à la mer pour la période 1994 à 1996

Campagnes sur les navires de l'IFREMER

Environ 330 jours de mer par an en moyenne (1994-1996), dont une centaine de jours sur les navires hauturiers (N/O Thalassa principalement), qui se répartissent en :

- **230 jours par an, en moyenne, pour les campagnes répétitives et contractuelles de suivi des stocks** : campagnes annuelles IBTS (sud de la Mer du Nord) (42 jours / an en moyenne sur le N/O Thalassa), campagnes annuelles EVHOE (Golfe de Gascogne et plateau celtique) (40 jours / an en moyenne sur le N/O Thalassa), campagnes annuelles CGFS (Manche orientale) (30 jours / an en moyenne sur le N/O Gwen Drez), campagnes trimestrielles RESSGASC (rejets dans le Golfe de Gascogne) (10 jours / trimestre en moyenne sur le N/O Gwen Drez), campagnes annuelles TYPONURS (nurseries et juvéniles littoraux dans le Golfe de Gascogne – en liaison avec le PNDR) (11 jours / an en moyenne sur le N/O Gwen Drez), campagnes annuelles COMOR et CSJBSB (coquilles Saint Jacques en Manche et en Baie de Saint Brieuc) (18 jours / an en moyenne sur le N/O Thalia), campagnes annuelles MAJA (recrutement araignée en Manche) (11 jours en moyenne sur le N/O Thalia), campagnes annuelles MEDITs (ressources démersales en Méditerranée) (23 jours / an en moyenne sur le N/O L'Europe), campagnes annuelles PELMED (estimation acoustique des stocks de petits pélagiques dans le Golfe du Lion) (14 jours / an en moyenne sur le N/O L'Europe) ;
- **une cinquantaine de jours par an, en moyenne, pour des campagnes spécifiques non répétitives** : campagnes d'intercalibration entre l'ancien et le nouveau N/O Thalassa (1996), campagnes sur la distribution spatio-temporelle des espèces pélagiques dans le Golfe de Gascogne,...
- **une cinquantaine de jours par an, en moyenne, pour des campagnes techniques, notamment pour les essais d'engins de pêche**, essentiellement sur le N/O Gwen Drez et le N/O L'Europe.

Campagnes sur les navires de l'ORSTOM et de ses partenaires

Environ 260 jours de mer par an en moyenne (1994-1996), répartis en :

- **une centaine de jours, en moyenne, pour des campagnes dans le Pacifique** sur le N/O Alis : campagnes de reconnaissance dans la zone économique exclusive de Nouvelle Calédonie (ressources halieutiques des monts sous-marins) et dans le lagon de Nouvelle Calédonie (ressources halieutiques du Lagon nord), campagnes ECOTAP (ressources thonières de la zone économique exclusive de Polynésie Française) ;

- **environ 140 jours, en moyenne, pour des campagnes dans l’Atlantique tropical** sur le N/O André Nizery puis le N/O Antea et les navires océanographiques des centres de recherche sénégalais (N/O Louis Sauter) et mauritanien (N/O N’Diago) : étude et suivi des ressources démersales en Côte d’Ivoire et en Guinée, étude des ressources en poulpes de Mauritanie, étude et suivi des ressources en petits pélagiques au Sénégal et en Côte d’Ivoire, études liées aux pêcheries thonières au Sénégal et en Côte d’Ivoire (programmes MICROTHON puis PICOLO – en liaison avec le PNDR) ;
- **une vingtaine de jours en moyenne, pour des campagnes sur des navires affrétés, dans l’océan Indien** pour l’étude de comportement des thonidés (*tracking* acoustique) et des conditions environnementales des concentrations de thons.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
IFREMER			
Publications A	5	13	13
Publications B	3	7	8
Communications à colloques *	37	31	49
Synthèses dans des ouvrages	10	7	7
Articles de vulgarisation	7	6	7
Thèses	3	1	1
Mémoires de DEA, DAA et DESS	9	3	5
ORSTOM			
Publications A	6	5	9
Publications B	3	3	2
Communications à colloques	10	9	2
Synthèses dans des ouvrages	23	27	5
Articles de vulgarisation	2	3	3
Thèses	4	2	2
Mémoires de DEA et DESS	4	3	4

* Il s’agit majoritairement des communications préparées en vue des réunions annuelles du CIEM.

Le taux de publication des équipes d’halieutes dans des revues internationales apparaît faible par rapport à celui des autres domaines de l’océanographie. Les recherches halieutiques débouchent aussi sur une très abondante littérature grise, en particulier en rapport avec les tâches répétitives d’évaluation des stocks et d’appui à la gestion du secteur pêche.

Avis du CNER et perspectives des recherches halieutiques

Pour l'acquisition systématique et l'analyse des données, tâche d'observatoire ingrate mais indispensable, le CNER constate que les équipes de l'IFREMER jouent bien le rôle qui leur est attribué dans le cadre de la politique commune des pêches de l'Union européenne, tout comme les équipes de l'ORSTOM jouent un rôle essentiel pour le suivi des captures et des stocks de thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique et l'océan Indien.

Concernant l'ORSTOM, le comité s'interroge sur la viabilité et l'utilité de la recherche halieutique dans un certain nombre de pays où ces indispensables données de base ne sont plus, ou très partiellement, collectées.

Les chercheurs français jouent un rôle significatif dans les forums internationaux (CIEM, ICCAT,...), même si la représentation française au sein des différents comités du CIEM n'est pas à la hauteur de la qualité et de l'importance de ses contributions et que la notoriété des travaux français, par un déficit de publications de niveau international, reste inférieure à leur qualité intrinsèque.

Des avancées importantes ont été faites dans le développement et l'utilisation de l'acoustique pour l'estimation des stocks de poissons pélagiques, dans la détermination de l'âge des poissons à partir des pièces dures (sclérochronologie), dans l'amélioration des outils d'origine géostatistique permettant d'optimiser les plans d'échantillonnage et l'analyse des données, et dans les modèles de dynamique des populations exploitées.

Le comité considère que les études sur l'évolution des capacités techniques de capture des flottilles de pêche demeurent largement en deçà des besoins exprimés par les gestionnaires des pêches.

Sur le deuxième volet de ces recherches, le comité relève des résultats importants, notamment dans la compréhension du comportement individuel et collectif (structure et évolution des bancs), et donc de la capturabilité des espèces pélagiques (pélagiques côtiers et thonidés), dans la compréhension de la distribution spatio-temporelle des espèces exploitées ou exploitables et dans la discrimination entre stocks sur des bases génétiques. Les résultats acquis dans le cadre du programme national sur le déterminisme du recrutement entrent aussi dans ce volet. Le comité relève par ailleurs un certain nombre de faiblesses : au delà de quelques études tout à fait originales menées essentiellement par l'ORSTOM, le comité constate notamment une valorisation scientifique encore insuffisante des séries de données acquises en halieutique pendant plusieurs décennies, un développement encore embryonnaire des travaux sur les impacts de la pêche sur les écosystèmes marins et une absence d'effort organisé pour l'étude de la structure et du fonctionnement des peuplements pluri-spécifiques au sein desquels se trouve les espèces exploitées. Ces faiblesses sont dues à une synergie médiocre entre halieutes et écologistes.

Par ailleurs, les études socio-économiques appliquées aux pêches maritimes ne mobilisent qu'un trop faible nombre de chercheurs, travaillant de manière souvent isolée.

Les efforts faits pour rapprocher les chercheurs en halieutique des écologistes marins travaillant sur des modèles de populations non exploitées dans un programme tel que le programme national d'étude du déterminisme du recrutement, n'ont pas véritablement conduit à implanter dans la communauté universitaire et au CNRS les problématiques de la recherche halieutique. Le problème est particulièrement préoccupant en matière de formation. Seule, l'École nationale supérieure d'agronomie de Rennes et l'École nationale d'études vétérinaires de Nantes proposent actuellement un véritable enseignement en halieutique. Une tentative des années 1980 pour créer un pôle d'halieutique dans une université scientifique du sud de la France a échoué. Le problème est aujourd'hui plus crucial qu'il ne l'était : en effet, l'halieutique s'est rapprochée de l'écologie marine au niveau des grandes problématiques de recherche et les contraintes liées à la protection de l'environnement et au développement durable de l'exploitation ne peuvent plus être sous-estimées.

Le CNER recommande de développer les synergies entre halieutes et écologistes d'une part, entre halieutes et socio-économistes d'autre part en intégrant les problématiques « amont » et « aval » de la recherche halieutique dans le grand programme d'environnement côtier proposé plus haut. Le CNER recommande un développement des enseignements d'halieutique au sein des enseignements universitaires en biologie marine et une meilleure prise en compte des problématiques de la recherche halieutique dans la communauté universitaire et au CNRS.

Biologie de l'océan profond

Le programme international InterRidge a été créé en 1993 ; son volet français est le programme Dorsales qui a pris la suite du programme national d'étude de l'Hydrothermalisme océanique, établi dès 1983 entre le CNEXO, le CNRS, le BRGM et l'ORSTOM à la suite de découvertes confirmant l'importance du phénomène hydrothermal considéré à l'échelle de plusieurs milliers de kilomètres, sur la dorsale du Pacifique oriental

Le programme Dorsales comporte deux volets ; l'un deux concerne les géosciences (*cf. pp. 120 et sq.*), l'autre, les sciences de la vie. Les deux volets sont gérés par un Comité directeur dans lequel sont représentés l'IFREMER, l'INSU-SDU, le CNRS-SDV, le BRGM et l'ORSTOM, et un Comité scientifique pluridisciplinaire. Aucune campagne en mer n'a été organisée dans ce cadre car la différence d'échelle spatiale entre les géosciences et les sciences de la vie est considérable. Les unes abordent l'étude de structures à échelle kilométrique, alors que les secondes travaillent à échelle métrique.

Objectifs, chantiers, méthodes

Le programme national Dorsales-Biologie a pour objectifs majeurs la compréhension des adaptations écologiques et physiologiques des peuplements associés aux phénomènes hydrothermaux, et notamment des conditions d'établissement des symbioses entre bactéries chimiosynthétiques et invertébrés divers à la base du réseau

trophique « hydrothermal », l'analyse de la dynamique des peuplements qui se développent sur des sites hydrothermaux à courte durée de vie, ainsi que les singularités et les potentialités biotechnologiques des organismes extrêmophiles.

- Les chantiers relatifs aux programmes de biologie et de microbiologie ont conservé un axe majeur, la comparaison d'une dorsale rapide (13°Nord sur la dorsale du Pacifique oriental) et d'une dorsale lente (la dorsale médio-Atlantique au niveau des Açores).

- Les travaux sont réalisés à peu près uniquement à partir de submersibles habités. On soulignera ici l'importance cruciale du sous-marin habité pour l'étude biologique et microbiologique de ces peuplements ponctuels où l'échelle de travail est le mètre. À côté du Nautil, Cyana présente pour ce type de campagne des caractéristiques précieuses : maniabilité et faibles dimensions. Son seul défaut est sa faible capacité d'emport de charges scientifiques. La réalisation d'une navette de transport réellement opérationnelle serait une solution intéressante : les sites hydrothermaux ne manquent pas entre 1 000 et 2 000 mètres et le coût d'exploitation de Cyana est plus réduit que celui du Nautil. Les Canadiens ont dû renoncer à maintenir en activité leur sous-marin habité Pisces et commencent à utiliser un engin robot dont les performances sont, à dire vrai, encore mal connues.

Résultats marquants

- **L'écologie des peuplements hydrothermaux** : un résultat remarquable a trait à la variabilité temporelle à fréquence élevée des conditions physico-chimiques. L'amplitude des variations enregistrées est sensiblement comparable à celle des micro-milieus intertidaux émergés, mais la fréquence de ces variations est de l'ordre de la dizaine de minutes et non de la fréquence tidale. On citera par exemple un annélide qui détient actuellement le record de résistance à des températures élevées (quelques dizaines de secondes à une température de 105°C !) et qui est capable de supporter des variations de plusieurs dizaines de degrés en quelques minutes.

- **Biochimie** : Chez les Alvinellidae, famille endémique des systèmes hydrothermaux du Pacifique, l'analyse de la thermostabilité des allozymes de plusieurs enzymes, en relation avec les différents micro-habitats de ces espèces, montrent de fortes divergences génétiques, tant intra- qu'inter-spécifiques, qui traduisent des stratégies enzymatiques différentes (plasticité phénotypique versus variabilité génétique). L'adaptation enzymatique à la température, dans un environnement où ce facteur varie fortement dans l'espace et dans le temps, explique le haut degré de polymorphisme des Alvinellidae et peut être à l'origine de divergences génétiques entre individus vivant dans des conditions thermiques distinctes. Un tel processus peut se produire au cours de la « vie active » d'un site hydrothermal (entre 50 ans et un siècle) : les premiers individus colonisateurs du site sont exposés à une température plus élevée que celle à laquelle sont soumises les générations suivantes ; ces modifications peuvent induire des différences dans la fréquence des allèles thermosensibles, à l'origine d'une divergence génétique conduisant à une spéciation.

À côté de ces résultats théoriques, on note des découvertes aux potentialités économiques significatives. Ainsi des résultats sont obtenus en biotechnologie à partir

des organismes (Archaea) recueillis sur les sites hydrothermaux par les équipes. Une ADN-polymérase extraite d'une espèce de **Pyrococcus** a été mise sur le marché par Eurogentec. Active (0,5 à 1,25U/ml), hautement thermostable, elle amplifie des fragments de 10-11 000 bases, notamment dans les régions riches en G-C. Dans le domaine de la fabrication du sucre de betterave, les équipes françaises ont récemment isolé d'un autre organisme une α glucosidase active à des températures élevées, ce qui permet de conserver la même température pendant l'ensemble du traitement de l'amidon, d'où une importante économie d'énergie. L'association étroite des microbiologistes et des écologistes, que l'on retrouve aux États-Unis, est une des raisons du succès de ces recherches.

Organismes et équipes impliqués

Les organismes impliqués sont : l'IFREMER, l'INSU et les départements sciences de l'univers et sciences de la vie du CNRS, enfin, le BRGM.

Les équipes principalement concernées sont l'unité de recherche n° 7 de l'IFREMER (laboratoire d'écologie abyssale de l'IFREMER, équipe de recherche sur les biopolymères en milieux extrêmes de Roscoff (université Pierre et Marie Curie/CNRS), équipe d'écophysiologie de Roscoff) ; le groupement de recherche « Bactocéan » associant l'IFREMER (laboratoire de biotechnologie des micro-organismes hydrothermaux), le CNRS (laboratoire d'enzymologie et de biochimie structurale de Gif-sur-Yvette, laboratoire de microbiologie marine de Roscoff), l'université Pierre et Marie Curie (laboratoire de biochimie, Institut de génétique des extrémophiles), l'université de Paris Sud (laboratoire d'enzymologie des acides nucléiques), l'université de La Rochelle (laboratoire de génie protéique et cellulaire), l'université des sciences et des techniques de Lille (laboratoire de chimie biologique). À ces deux groupes constitués, il faut ajouter une quinzaine de chercheurs appartenant à plusieurs observatoires océanologiques, au Muséum national d'histoire naturelle et à différentes universités. La participation au programme réunit ainsi de l'ordre de 55 chercheurs et d'une dizaine de doctorants.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre pour la période 1994-1997

Pour la période considérée, deux campagnes de plongées à bord du Nadir et du Nautil ont été réalisées : DIVANAUT 2 en 1994, sur la dorsale médio-Atlantique dans la région des Açores, 35 jours ; MICROSMOKE en 1995 sur la dorsale médio-Atlantique dans la région des Açores, 34 jours et HOT en 1996, sur la dorsale du Pacifique oriental, entre 9 et 13°Nord, 44 jours. Au total, il s'agit de 113 jours environ de campagne.

Dans les deux cas, l'utilisation du **Nautil** s'avère indispensable pour le choix du site et le déploiement d'une série d'équipements, comme des récupérateurs de larves pélagiques, des ensembles de mesures ponctuelles de température dans les différentes auréoles de peuplements, des pièges à particules pour la mesure précise de l'influence dans le champ proche des particules organo-minérales produites au sein des peuplements hydrothermaux, les mesures de facteurs physico-chimiques et de gradients à l'échelle centimétrique par micro-prélèvement d'eau de mer et analyse en continu par

spectrocolorimètre contrôlé depuis le submersible (H₂S, pH, nitrates, silicates, etc.), et bien entendu la récolte précisément localisée d'échantillons de faune, d'eau de mer et de dépôts hydrothermaux.

Publications et actions de formation entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	2	3	2
Publications A	19	24	25
Publications B (hors colloques)	7	3	4
Vulgarisation et rang C	4	6	1
Articles d'ouvrages	-	6	2
Rapports et mémoires de DEA	7	4	6

Le programme a eu un rôle d'animation important : tables rondes de 1995 sur la dynamique des peuplements hydrothermaux et les successions d'une part, sur la phylogénie des protéines, d'autre part ; réunion de Roscoff en octobre 1997 destinée à intéresser de nouvelles équipes à ces thèmes ; colloque international d'InterRidge (Madère 1997).

Perspectives

À la charnière entre le bilan et les perspectives, le projet européen AMORES (programme MAST 3), coordonné par un chercheur français de l'IFREMER, constitue une remarquable percée européenne. Il a reçu une contribution communautaire de 2,8 millions d'écus pour la période 1996-1998, dont près de 1M écus pour les équipes françaises. Deux campagnes de géologie et de biologie viennent de se dérouler fin 1997. Une troisième campagne aura lieu en 1998. Les équipes françaises, britanniques, portugaises, belges et irlandaises réunies dans ce projet représentent une compétence de qualité équivalente aux équipes américaines.

Par ailleurs, deux demandes de campagnes françaises pour 1999 ont été déposées par des chercheurs du groupe, sur la dorsale du Pacifique oriental, qui prévoient une collaboration avec les équipes californiennes pour les expérimentations physiologiques en hyperbarie.

À plus long terme, l'Atlantique sud constitue un terrain intéressant au plan biogéographique : deux ensembles de peuplements associés aux phénomènes hydrothermaux sont connus, l'un dans le Pacifique, vraisemblablement relié à l'océan Indien via l'hydrothermalisme arrière arc insulaire du Pacifique occidental, l'autre en Atlantique nord. Or, la dorsale médio-Atlantique, du point de vue des phénomènes hydrothermaux, comporte une solution de continuité au niveau des grandes failles transformantes équatoriales comme la fosse de la Romanche. La faune hydrothermale de l'Atlantique sud reste à découvrir. On connaît déjà, entre Pacifique oriental et occidental, d'intéressantes substitutions fonctionnelles dans l'organisation de l'écosystème. D'où l'intérêt d'une prospection de l'hydrothermalisme en Atlantique sud.

Au plan scientifique, il est envisagé de procéder au séquençage complet de *Riftia pachyptila* et de sa bactérie symbiote chimiosynthétique qu'il est impossible de cultiver isolément. Parmi les hypothèses, l'existence d'échange de gènes au cours de l'établissement de la symbiose n'est pas à exclure.

Enfin, de nombreuses raisons biologiques et physiologiques (identité fondamentale des processus physiologiques de la chimiosynthèse, utilisant soit H₂S, soit CH₄) rendent souhaitable une prise en compte des peuplements de suintements liquides froids, sans parler des perspectives nouvelles offertes par la découverte d'organismes inféodés à la surface libre du méthane solide dont on envisage le rôle majeur dans l'émission brutale de gaz à effet de serre.

Marges océaniques et exploration des grands fonds

Les études en géosciences hauturières sont structurées autour du seul navire scientifique de forages océaniques existant au monde (programme *Ocean Drilling Project – ODP*) : le JOIDES Resolution.

La croûte océanique, à l'axe des océans, est étudiée par un programme international : Inter Ridge (1992), dont le volet français est le programme « Dorsales ».

En outre, la communauté française des géosciences conduit sur les marges continentales des études souvent pérennes sur des chantiers exemplaires.

Programme de forages océaniques (Ocean Drilling Programme)

Objectifs, chantiers, méthodes

Depuis la fin des années 1970, la France a décidé de participer au programme international de forage des fonds océaniques (*International Programme of Ocean Drilling*) à titre de membre à part entière. L'IFREMER avait été choisi comme l'organisme français chargé de représenter notre pays au sein des instances décisionnelles du programme. Depuis la décision de lancement du nouveau programme *Ocean Drilling Programme* (ODP) et la mise en œuvre d'une nouvelle plate-forme de forage, plusieurs évaluations du programme ont été faites, compte tenu notamment de l'augmentation de la cotisation annuelle. Constatant l'existence d'un certain déséquilibre entre notre participation effective aux campagnes et l'importance du coût du programme le ministre de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie a récemment décidé de ramener notre contribution à un montant représentant entre le tiers et les deux tiers de la cotisation de membre à part entière, ce qui implique pour notre pays de s'associer avec un autre partenaire comme cela a été le cas entre l'Australie et le Canada. Pour ces motifs, il apparaît particulièrement important d'analyser la participation française à ODP.

Une première remarque importante est de souligner que, construit autour d'un outil exceptionnel, le forage océanique profond, le programme ne peut avoir de thématique spécifique et n'apparaît pas comme un programme national au même titre que, par exemple, le programme « Dorsales ». Il est donc impossible de réunir les mêmes données que pour les autres programmes examinés. Cependant, à travers les financements attribués aux géosciences marines pour la participation à des campagnes à la mer sur la période 1994-1996, le programme ODP, éclaté entre les thématiques relatives à la lithosphère océanique, aux marges passives et actives, au paléoenvironnement et à la dynamique sédimentaire, représente 1,410 MF par rapport à un total de 5,080 MF, soit un peu plus d'un quart. Les chercheurs français ont participé à une vingtaine de campagnes ODP ⁽¹⁾ au titre desquelles ils ont obtenu des financements pour l'exploitation des données.

D'autre part, la préparation des forages a donné lieu à 8 campagnes de reconnaissance organisées sur des navires océanographiques français pendant la période 1994-1996, sur un total de 70 campagnes consacrées aux géosciences. Les campagnes demandées pour la préparation de forages ODP sont réparties, comme il est logique, entre les différentes thématiques identifiées en géosciences marines ; il en résulte une perte de lisibilité du programme ODP, au point qu'il n'apparaît pas en temps que tel dans les listes établies par l'IFREMER.

ODP souffre d'un handicap double : il s'agit d'un programme international, dont les centres de décision paraissent peu accessibles, et ce programme remonte à plus de vingt-cinq ans. Pour autant, la communauté française considère qu'ODP joue un rôle structurant et assure une forte irrigation internationale et une réelle action de formation, outre l'ouverture sur une technologie unique.

Résultats marquants (acquis par la communauté française)

La participation à une campagne de forages profonds correspond à un effort collectif avec des résultats qui le sont tout autant. Parmi les apports plus spécialement dus à des chercheurs français embarqués, on peut citer :

- la structure et le fonctionnement de la marge transformante Ghana-Côte d'Ivoire (leg 159) ;
- la modélisation des circulations de fluides à partir des mesures de température en cours de forage dans le prisme de la Barbade (leg 156) ;
- la formation des sapropels et l'origine de leur matière organique en méditerranée orientale (leg 160) ;
- la géochimie fine des hydrates de gaz de la marge passive américaine (ride de Blake, leg 164) ;

1. Les campagnes ODP ont un caractère opérationnel fort, compte tenu des exigences du forage. D'une durée de 54 à 56 jours de mer, les campagnes sont préparées avec beaucoup de minutie et s'inscrivent dans un cadre global ; en d'autres termes, chaque campagne constitue une contribution précise à un plan opérationnel d'ensemble. Actuellement, plus de 1700 forages ont été réalisés depuis le début du programme.

– la métallogénèse liée aux circulations hydrothermales en domaine de dorsale sédimentée (ride Juan de Fuca, leg 169).

Organismes et équipes impliqués

Il s'agit d'une participation nationale de la France au programme international.

Budget du programme ODP (en milliers de francs)

La cotisation annuelle de 2,95 M\$ (soit 17,7 MF) versée au nom de la France par l'IFREMER (désormais cette responsabilité reviendra à l'INSU) est complétée par des crédits d'accompagnement, pour les déplacements de scientifiques (participations aux réunions des instances du programme, missions pour embarquements aux campagnes, aides au dépouillement des données) qui représentent environ 1,5 M de F par an.

Équipes participantes

Les équipes françaises participant à ODP appartiennent à de nombreux laboratoires du CNRS et des universités, ainsi qu'au département géosciences de l'IFREMER-Centre de Brest, à l'ORSTOM ou au BRGM, ce qui correspond pour la période 1994-1996 à 60 chercheurs, dont 41 embarquants et une vingtaine de chercheurs de laboratoire à terre traitant les données et les échantillons, soit environ 25 équivalents temps plein.

Campagnes à la mer et moyens mis en œuvre

Campagnes préparatoires aux forages

Huit campagnes nationales sont liées à la préparations des forages ODP sans qu'il y ait de campagne de levés de sites proprement dite pour la période concernée (1994-1996) (*NAUTIMAT*, 1994, 23 jours ; *GALINAUTE*, 1995, 32 jours ; *OCÉANAUTE*, 1994, 22 jours ; *ODP NAUTE*, 1995, 6 jours – avec le Nadir et le Nautile ; *TADJOURADEN*, 1996, 20 jours ; *ACT*, 1996, 26 jours ; *GORRINGE*, 1996, 21 jours ; *NAUTICA B*, 1996, 27 jours avec l'Atalante).

Campagnes océanographiques sur le navire foreur du programme

Des chercheurs français ont obtenu des financements pour leur participation directe ou indirecte à vingt campagnes (ou « legs ») au cours de la période 1994-1996, soit 14 en 1994 ; 24 en 1995 et 13 en 1996 avec un co-chef de mission par an.

Publications parues entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	1	-	-
Publications A	23	18	17
Publications B et colloques	26	19	20
Revue ODP internationales	28	46	35

Perspectives

Un colloque de bilan et de prospective a été organisé par ODP-France les 27 et 28 janvier 1998 ; il n'a pas été pris en compte dans ce rapport.

Les décisions prises par le ministre de l'éducation nationale, de la recherche et la technologie déjà évoquées (participation de la France dans ODP ramenée au tiers ou aux deux tiers de celle d'un membre ordinaire ; transfert de la représentation de la France de l'IFREMER vers l'INSU) peuvent avoir des effets positifs vis-à-vis de la communauté française utilisatrice.

Le programme ODP-France a ainsi la possibilité de retrouver une dynamique propre et une crédibilité qui font aujourd'hui défaut. Par rapport à l'effort international et au projet japonais de grand navire de forage, il importe que la France reste présente dans un domaine où elle joue un rôle important. Enfin, le renouveau d'intérêt pour les marges continentales apporte une justification supplémentaire. Il appartient à la communauté scientifique de saisir l'opportunité qui lui est offerte.

Programme international Inter-Ridge (volet français : « Dorsales »)

Objectifs, chantiers et méthodes

Les objectifs scientifiques à moyen terme du programme national s'articulent autour de trois questions principales : (1) de quoi est faite la croûte océanique ? (2) quelles sont les échelles de temps et la périodicité des processus tectoniques, volcaniques et hydrothermaux qui se déroulent à l'axe des dorsales ? (3) quelle est la part respective des processus axiaux et des processus actifs sur les flancs de la dorsale dans la structuration tectonique, l'évolution thermique et l'altération de la croûte océanique ?

Chantiers

La dorsale médio-atlantique a focalisé l'essentiel des efforts français ; cependant de beaux résultats moins nombreux ont été acquis dans les dorsales indiennes et Est-Pacifique.

Méthodes

Elles ne se différencient pas des méthodes usuelles, hormis l'utilisation systématique du submersible (Nautilie) et des mesures de géophysique. Cependant on note un déficit dans le domaine des études de sismique. L'étude sophistiquée des échantillons récoltés implique d'importants travaux en laboratoire à terre.

Résultats marquants

Ils portent sur les phénomènes à l'axe des dorsales : sites hydrothermaux, tectonique et architecture de la croûte, évolution magmatique de la croûte.

Il faut aussi souligner la capitalisation de l'effort français en géochimie hydrothermale, en morphologie, en pétrologie et en minéralogie, dont témoigne le projet

européen MARFLUX (programme Marine Science and Technology – MAST 2), qui a permis la découverte des champs hydrothermaux de Lucky Strike (1 700 m) et du Menez Gwen (800 m) dans la zone économique exclusive des Açores, découvertes qui ont été à l'origine du projet pluridisciplinaire plus ambitieux AMORES (MAST 3).

Organismes et équipes impliqués

Il s'agit principalement du département des géosciences marines de l'IFREMER-Brest et de l'INSU (laboratoires de géophysique et de géologie marines de l'université de Bretagne occidentale, de l'université Pierre et Marie Curie, Instituts de physique du globe de Strasbourg et de Paris). Des chercheurs appartenant à diverses universités (Rennes, Marseille III, Clermont-Ferrand, etc...) interviennent également dans le programme sans que les laboratoires soient spécialisés sur le thème. Ces activités réunissent 80 chercheurs ce qui correspond à 50 équivalents temps plein.

Campagnes à la mer

Campagnes de surface, morphologie, magnétisme : DIAMANTINE en 1994, à bord du Marion Dufresne II, 41 jours ; GALLIENI en 1995, à bord de l'Atalante, 33 jours ; OCÉANAUT en 1995, à bord de l'Atalante, 22 jours ; SAMUDRA en 1995, 21 jours ; enfin PACANTARCTIC en 1996, à bord de l'Atalante, 43 jours. Soit au total 160 jours de mer.

Campagnes avec sous-marin habité, exploration à petite échelle, prélèvements : DIVANAUT 1 en 1994, à bord du Nadir et du Nautille, 26 jours.

Publications parues entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	-	3	1
Publications A	4	12	9
Publications B (hors colloques)	3	1	4
Articles d'ouvrages	-	-	1
Rapports et mémoires de DEA	3	5	4

Il faut noter que ces données numériques ont été exploitées à partir des fiches signalétiques des différentes campagnes réalisées depuis 1991. En l'absence d'une base bibliographique compilée au niveau du programme, ce tableau peut comporter des lacunes.

Perspectives

Il n'a pas été possible de prendre connaissance des réflexions de prospective issues du colloque de bilan du programme « Dorsales » tenu à Paris au début du mois de décembre 1997. Les informations recueillies auprès de participants à cette réunion semblent montrer une grande dispersion géographique et thématique des résultats, c'est-à-dire une absence de véritable coordination et, ce qui est plus grave, un manque de vision claire des objectifs prioritaires dans le domaine des géosciences. À la décharge

du programme, force est de reconnaître que les moyens financiers mis à sa disposition représentent une fraction de l'ordre du pour cent du coût total des activités de recherche dans ce domaine.

Les marges océaniques et les processus sédimentaires associés

Bien que ne faisant pas l'objet d'un programme incitatif identifié, l'effort de la communauté française s'est néanmoins focalisé depuis plusieurs années sur quelques chantiers exemplaires.

Objectifs, chantiers et méthodes

Objectifs

Détermination des structures tectoniques et sédimentaires des marges passives et de leur évolution thermo-mécanique ; analyse des processus de la subduction et de la dynamique des bassins arrière-arcs.

Chantiers

Pluriannuels, ils associent une double démarche d'études à terre par des géologues tectoniciciens, stratigraphes, etc... et d'études en mer, chacun étant conduit par un réseau centré sur un laboratoire important. Les principaux chantiers sont situés en Galice, en Méditerranée occidentale et orientale, dans les Caraïbes (dont les Antilles françaises) au Japon et dans le Sud-ouest Pacifique. On notera, en outre, des efforts dispersés sur plusieurs chantiers à haute signification géodynamique (marge active du Pérou, marge passive transformante d'Afrique centrale....).

Méthodes

Outre les méthodes classiques, celles spécifiques sont centrées sur la sismique et pour l'étude des processus sédimentaires sur les carottages, qui convergent vers la préparation des forages profonds, leur réalisation et leur valorisation. Ce domaine est grand consommateur de campagnes avec utilisation de submersibles.

Résultats marquants

Ils concernent notamment la structure et la dynamique des marges passives divergentes ou transformantes avec notamment la caractérisation de la transition continent-océan et la mise en évidence de la signature géologique du contact tectonique croûte supérieure – manteau et les modalités de la dénudation tectonique du manteau. L'influence de la géodynamique de la marge sur le continent voisin et des apports fluviaux sur la sédimentation des marges (maigres ou grasses). Les résultats s'appliquent également aux processus de la subduction, tant en ce qui concerne la structure des prismes (Barbade, Méditerranée orientale, Japon) que le rôle et le bilan des circulations de fluides dans les marges convergentes, la nature et la provenance de ces fluides, leur liaison avec les communautés benthiques et le fonctionnement des diapirs argileux.

Organismes et équipes impliqués

Les équipes françaises participant aux recherches sur les marges divergentes et convergentes appartiennent à de nombreux laboratoires du CNRS et des universités, de l'École normale supérieure, des Instituts de physique du globe, du BRGM, ainsi qu'au département des géosciences de l'IFREMER-Centre de Brest, etc... Il est très difficile de chiffrer le nombre de chercheurs engagés dans ces recherches. En équivalent temps plein, nous l'avons évalué à une cinquantaine de chercheurs ayant une activité majoritairement, mais non exclusivement, en mer.

Campagnes à la mer

Au total, 12 campagnes ont été réalisées au cours de la période 1994-1996 sur la flotte hauturière portant sur les marges : 6 pour l'étude des marges divergentes (GALINAUTE II, LISA, MARCO, MALIS, SARTUCYA et SISCAD) et 6 pour l'étude des marges convergentes (JASON, MÉDÉE, MODEC, NAUTIMATE, NOFI et ODP-NAUT). Quatre de ces campagnes ont utilisé le Nautile et deux, la sismique multitraces.

Publications parues entre 1994 et 1996

	1994	1995	1996
Thèses	1	5	4
Publications A	9	15	19
Publications B et colloques	7	13	11
Articles d'ouvrages	-	2	-
Rapports et mémoires de DEA	-	3	3

Perspectives

Une première tentative de lancer un programme « Marges » a eu lieu il y a plus de trois ans. Elle n'a pas abouti. Une nouvelle initiative vient de voir le jour au sein de la commission « géosciences marines » de l'IFREMER. Cette initiative se fonde sur quelques arguments qui méritent d'être résumés :

- au niveau international, on assiste depuis quelques années à un regain d'intérêt pour les marges, avec le programme américain « Margins » ou le projet britannique « Oceanic margins » ;
- les marges constituent un des objectifs du programme de forage ODP, auquel la France participe ;
- les récentes découvertes pétrolières sur les marges permettent de prévoir que d'ici une quinzaine d'années, entre un cinquième et le quart des besoins énergétiques (pétrole et gaz) de l'humanité viendront du domaine marin profond (entre 300 et 3 000 m). Des puits d'exploration ont déjà été forés jusqu'à 2000 m de profondeur ;
- une part importante de l'humanité vit à proximité des côtes, souvent à proximité de risques (sismiques et volcaniques) décelables sur les marges actives (convergentes).

Face à ce constat, il est proposé de bâtir un programme national « Marges océaniques », comportant deux actions majeures, les marges, lieux de ressources énergétiques pour le futur et les marges, lieux de risques naturels majeurs. Trois thèmes sont mis en relief : (1) l'*offshore* profond ; son intérêt en tant que modèle et en tant que nouveau défi pour nos besoins énergétiques ; (2) le fonctionnement des zones sismo-géniques, le rôle des fluides, les transferts de matière au sein des marges actives ; (3) les processus sédimentaires, le piégeage et la circulation des fluides, les remobilisations au sein de la couverture superficielle. Les organismes de recherche et les compagnies pétrolières nationales pourraient s'associer, sous des formes à définir, pour la mise en place du programme.

Avis du CNER

1 – La communauté concernée relève essentiellement du CNRS (INSU) et des universités, la part de l'IFREMER se réduit, celle de l'ORSTOM est modeste et celle du BRGM a pratiquement disparu.

2 – La mise en service d'un navire foreur de grande puissance, il y a près de 30 ans, a permis de bouleverser la connaissance de la planète et de son évolution. Au sein des programmes internationaux de gestion et d'animation (*International Programme of Ocean Drilling* puis *Ocean Drilling Programme*), pendant deux décennies, la place de la communauté française alors structurée autour du navire de forage, fut prééminente ; elle était sans conteste la deuxième mondiale. Depuis quelques années, la participation française se poursuit mais elle est devenue le fait d'individus ; l'animation du programme national s'est effacée, sa visibilité a décliné. Elle doit être très fortement reprise en main par l'organisme qui en a la charge et la responsabilité depuis peu (INSU) ; elle doit être assurée au plan international par un responsable de l'organisme, à l'instar de ce que font les autres participants nationaux.

3 – En France, l'étude de la formation de la croûte océanique au sein du programme international Inter-Ridge est conduite par des travaux de bonne qualité, comme en témoignent les publications ; mais l'éparpillement des zones et des moyens d'étude implique qu'il soit procédé à une focalisation des objectifs et que soient dégagées des perspectives clairement affichées. Il convient, au terme de la première phase qui s'achève d'organiser sous la responsabilité des organismes concernés (INSU, IFREMER, ORSTOM, BRGM...) un audit international avant de définir la politique de recherche que souhaite conduire la France au sein de ce programme.

4 – L'étude des marges actives et passives est conduite en France par des équipes d'une grande vitalité et de qualité mais elles ne constituent pas un ensemble ayant une problématique claire. Ceci peut et doit être corrigé pour optimiser l'efficacité des moyens à la mer. Un programme international se met en place (Margins) ; il est indispensable que soit instauré un volet français, comme est en train de l'amorcer la communauté scientifique.

Dans les derniers mois, l'intérêt pour les marges passives (entre 300 et 3 000m) a explosé dans le monde pétrolier après des découvertes de ressources exploitables (huile et gaz). La structuration d'un programme à partir d'équipes de qualité dispersées

doit se réaliser en associant recherche fondamentale, recherche et réalisations technologiques, recherches appliquées. À ce titre, les sociétés pétrolières et para-pétrolières œuvrant en France, les institutions (Institut français du Pétrole, Comité d'études pétrolières marines) doivent être sollicitées d'y participer.

5 – En conclusion, l'intérêt de la communauté française tant scientifique qu'industrielle de participer au programme international de forage profond (Ocean Drilling Programme) implique une structuration très renforcée du programme assumée par l'INSU, en charge du volet français. Actuellement l'organisation est très insuffisante et une trop faible fraction de la communauté est mobilisée.

L'instauration d'un volet français du programme international récent (Margins) doit conduire à bref délais, en associant recherche fondamentale, technologique, industries pétrolières, para-pétrolières et recherche appliquée, à participer au renouveau d'intérêt pour la connaissance des marges et de leur importance énergétique. Les équipes existantes, de qualité internationale, doivent être mobilisées sur ce thème-porteur pour une décennie au minimum.

Enfin, la qualité et la sophistication des informations recueillies sur le navire foreur international, les navires de la flotte océanographique nationale et sur les engins embarqués, quels que soient les programmes, impliquent qu'elles soient exploitées dans des laboratoires bien équipés. Or, l'équipement devient rapidement obsolète et un certain nombre d'entre eux doivent être dotés dans les meilleurs délais d'outils (dont ceux d'informatique) indispensables pour assurer un traitement correct des données.

Technologies marines : l'instrumentation océanographique

Il n'est question ici que du développement technologique des instruments océanographiques autonomes auquel il est apporté des informations complémentaires à celles figurant dans le rapport de synthèse de l'évaluation.

Les différents domaines dans lesquels l'IFREMER, par l'intermédiaire de sa direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI), a fait la preuve de ses compétences en génie naval et sous-marinier (construction de navires de recherche, mise au point d'engins lourds de pénétration sous-marine) ainsi qu'en ingénierie technique (équipements scientifiques des navires, tels que systèmes de positionnement de chalut, sondeurs acoustiques et logiciels associés, logiciels de cartographie des fonds par sondeurs multi-faisceaux) sont évoqués dans le rapport de synthèse de l'évaluation.

Par ailleurs, en raison du calendrier serré de ses travaux, le CNER n'a pas eu la possibilité matérielle d'examiner les développements techniques moins directement liés à la recherche océanographique et intéressant en particulier les transports maritimes, l'offshore pétrolier, les matériaux adaptés à l'environnement marin, la géotechnie,

les techniques de pêche, les biotechnologies et les process de transformation des produits de la mer.

Pendant la période 1994-1996, deux équipements océanographiques, l'un hauturier, l'autre côtier, ont été développés par l'**IFREMER** : il s'agit d'un flotteur subsurface dénommé MARVOR, fabriqué et distribué par Tekelec Systèmes, et d'une bouée de mesures automatisées en réseau pour l'environnement littoral (ou MAREL), en cours de validation.

1) Le flotteur subsurface MARVOR (Tekelec Systèmes, TE180) consiste en une enceinte en aluminium résistante à 2500 mètres, contenant un système de ballast capable de stabiliser le flotteur à ± 30 mètres d'immersion, un système d'acquisition et de traitement de signaux acoustiques permettant la localisation du flotteur par triangulation à partir de stations fixes, un système de mesure de pression et de température, un transmetteur ARGOS pour la transmission des données et un micro-ordinateur de pilotage et de traitement. L'engin est capable de réaliser une cinquantaine de plongées jusqu'à l'immersion programmée en refaisant surface entre chaque période d'immersion pour transmettre les données enregistrées. L'autonomie est de trois ans au moins. Ces engins, conçus en liaison étroite avec les scientifiques désirant disposer de mesures lagrangiennes de déplacement des masses d'eau et/ou effectuer des coupes hydrologiques successives, fonctionnent à la satisfaction des utilisateurs et répondent bien à leurs besoins.

Les qualités des flotteurs subsurface MARVOR sont reconnues et appréciées par la communauté internationale. Leur prix relativement élevé constituerait peut-être une contrainte, selon certains chercheurs étrangers.

2) La bouée MAREL (« Mesures automatisées en réseau pour l'environnement littoral ») a été étudiée pour la détermination des paramètres physico-chimiques, météorologiques et océanographiques du milieu marin côtier. La bouée est mouillée et permet la mesure des caractéristiques de l'eau sur plusieurs points de la tranche d'eau, grâce à un flexible de prélèvement. Il existe actuellement un réseau prototype en baie de Seine (une station estuarienne et une station marine, soit deux bouées MAREL) dont la gestion est assurée par l'IFREMER. L'établissement n'a communiqué aucune information sur le fonctionnement de ces bouées, la qualité des données et leur fiabilité, encore moins sur leur utilité pour les scientifiques, les aménageurs, les collectivités et les usagers.

Paradoxalement, le flotteur subsurface, qui intéresse principalement la communauté CNRS/INSU, apparaît comme une réussite, alors que le réseau de surveillance littorale MAREL, qui intéresse principalement les équipes propres de l'IFREMER, paraît moins convaincant. Les informations fournies ne permettent pas de déterminer le coût de la conception et du développement de ces deux équipements, pas plus qu'elles ne donnent d'indications sur les campagnes technologiques (notamment dans le cas du flotteur MARVOR) qui ont été requises pour la mise au point et les essais.

3) Sans vouloir pousser plus avant cette rapide analyse de quelques rares documents, la comparaison entre le robot 6 000 mètres VICTOR en cours de développement à l'IFREMER-Centre de Toulon et un satellite scientifique mérite quelques lignes. Contrairement au cas d'un satellite, où les études et réalisations des appareillages scientifiques embarqués se font dans les laboratoires « spatiaux » pendant que le CNES

et l'industriel retenu progressent dans la réalisation de la plate-forme, dans le cas du robot Victor, les deux phases semblent déconnectées, au moins dans le temps. Ainsi, on commence seulement dans les commissions thématiques à réfléchir à l'utilisation possible du robot Victor à des fins scientifiques, alors que l'engin lui-même est en voie d'achèvement technique.

4) Durant la période 1993-1997, la division technique de l'INSU a apporté son concours à la conception et à la réalisation de plusieurs projets d'instrumentation océanographique, marquant ainsi sa volonté d'accroître ses interventions dans le domaine du développement instrumental, en dépit de ses moyens réduits en personnel (3,4 hommes/an en 1994 à 6,37 hommes/an en 1997), surtout si on les compare à ceux de la direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI) de l'IFREMER engagés dans des tâches similaires (30 hommes/an).

Parmi les projets développés durant cette période, il convient de signaler les engins marins suivants :

4-1) La bouée CARIOCA, destinée à la mesure de la pression partielle du CO₂ à la surface de l'océan grâce à un spectromètre travaillant dans deux longueurs d'onde, a été réalisée par un consortium de laboratoires et un industriel SERPE-IESM, sous la coordination de l'unité mixte de recherche 121 (LODYC) auquel se sont associés également le laboratoire de géochimie des eaux de l'Institut de physique du globe de Paris et l'Institut français du pétrole. Ce projet a bénéficié d'un soutien dans le cadre de l'initiative européenne Eurêka. La construction de douze bouées a permis de lancer des campagnes de mesure avec bouées dérivantes, en particulier dans la mer du Groenland, l'océan Pacifique et l'océan Atlantique équatoriaux ;

4-2) La bouée IMCORP dont le projet, lancé en 1994 par les mêmes équipes, a reçu un soutien dans le cadre du programme européen *Marine science and technology* (MAST 3), complète les mesures de Carioca par la détermination de l'alcalinité des carbonates en milieu marin grâce à l'intervention de deux spectromètres de précision travaillant dans trois longueurs d'onde. Un prototype a effectué récemment une phase d'essais près de Bergen (Norvège) ;

4-3) Le véhicule, profileur de subsurface YOYO, capable de se déplacer le long d'un câble tendu entre -1 000 m et -50 m (autonomie : un aller-retour par jour pendant un an) a été développé par le LODYC et la division technique de l'INSU, dans le cadre de MAST 1 et avec le soutien financier de l'Institut. Le prototype de laboratoire a fonctionné de façon satisfaisante lors de son premier mouillage près du site de DYFAMED, en 1995. La suite du programme fait l'objet d'une demande de financement, dans le cadre du projet *YOYO 2001 Ocean Odyssey*, soutenu par MAST 3 ;

4-4) L'analyseur in situ de sels nutritifs, dont les nitrates et les silicates, destiné à des mesures entre 0 et -6 000 m, est l'illustration trop peu fréquente d'une opération menée en coopération entre l'INSU, l'IFREMER et l'unité mixte de recherche 6539. Sa première campagne-test en rade de Brest, a été couronnée de succès ;

4-5) On signalera enfin, dans un autre secteur d'application, le projet d'Observatoire Fond de mer (avec la participation de l'Institut de physique du globe de Paris et du laboratoire « domaine océanique » de Brest), destiné à compléter les observations

transmises par certains réseaux terrestres (par exemple le réseau de sismomètres à large bande Geoscope) qui a fait l'objet de la part de l'INSU d'expériences probatoires mais n'a pas reçu semble-t-il le soutien de l'IFREMER pour l'utilisation de moyens navals lourds comme vecteurs et supports de cette opération.

Ces exemples de réalisations ou de projets témoignent de la dynamique et des compétences existant dans le domaine du développement instrumental océanographique en France. Toutefois le CNER constate que ces opérations qu'il n'a pu expertiser de façon approfondie, souffrent au niveau national d'un manque évident de concertation et de coordination et que la coopération inter-organismes (en particulier la collaboration entre l'IFREMER et l'INSU) dont elles ne peuvent que tirer profit demeure trop peu fréquente.

Les systèmes satellitaires

L'océan est difficile à observer à grande échelle et en continu par les seuls moyens *in situ*. Les instruments embarqués sur les satellites, défilants ou géostationnaires, permettent d'obtenir de façon répétée et pratiquement synoptique un certain nombre de paramètres physiques et biochimiques caractéristiques de la partie superficielle de l'océan et des mers : température, état de la mer (vagues, vents), topographie de la surface, couleur de l'eau,....

Ces paramètres ne sont pas mesurés directement. Ils sont dérivés de la mesure de signaux électromagnétiques, soit en mode passif (instruments uniquement récepteurs, comme les imageurs haute définition ou les radiomètres multi-spectraux), soit en mode actif (instruments émetteurs et récepteurs, comme les altimètres radar, les diffusiomètres et les imageurs radar). Pour ce deuxième type d'instruments le choix des paramètres de la source (fréquence (s), angle (s) d'incidence, polarisation, puissance,...) détermine les paramètres auxquels on aura accès. L'obtention de données exploitables suppose donc une compréhension fine de la physique du signal et de la mesure qui permette de calibrer, de valider, de corriger (corrections atmosphériques et ionosphériques, corrections géométriques de visée, corrections de positionnement,...) et enfin d'inverser les mesures pour obtenir les paramètres recherchés, qui doivent ensuite être analysés et assimilés dans les modèles.

Des progrès énormes ont été réalisés depuis une vingtaine d'années dans l'instrumentation elle-même, dans les techniques et les algorithmes de corrections et d'inversion des signaux électromagnétiques et dans les modes de stockage et de diffusion des données. Dans certains domaines, ces progrès ont d'ores et déjà permis de passer à une exploitation opérationnelle en temps réel des données ; pour d'autres domaines, les développements récents permettent d'envisager à court ou moyen terme le passage à l'opérationnel avec couplage entre observations satellitaires, observations *in situ* et modélisation.

Les satellites jouent aussi un rôle fondamental pour l'étude du champ de gravité de la Terre, le radio-positionnement et la collecte des données.

L'altimétrie satellitaire

La position de la surface océanique est la somme de deux signaux :

- *un signal géophysique*, le géoïde marin (surface équipotentielle du champ de gravité), dont le relief est au premier ordre l'image des structures géologiques, qu'elles soient de grande échelle (convection dans le manteau – longueur d'onde ≈ 500 à plusieurs milliers de kilomètres, dénivellation jusqu'à plus de 100 mètres), d'échelle moyenne (dorsales, zones de subduction – longueur d'onde ≈ 200 kilomètres, dénivellation de 10 à 20 mètres) ou de plus petite échelle (monts sous-marins, zones de fractures – longueur d'onde ≤ 100 kilomètres, dénivellation de 5 mètres à quelques décimètres) ;
- *un signal océanographique*, que l'on peut considérer comme étant constitué d'une partie « fixe » correspondant à la circulation moyenne et de parties variables qui sont les signatures de phénomènes divers (marées, houle, dilatation / contraction, modification de la circulation,...). Ce signal océanographique est d'amplitude faible par rapport au signal géophysique (dénivellation maximale de 1,50 mètre pour les grands courants comme le Gulf Stream, dénivellation de quelques décimètres pour les marées et les grands tourbillons, dénivellation de seulement 20 centimètres sur plus de 5000 kilomètres pour la topographie liée au phénomène du Niño,...).

La mesure altimétrique est une mesure radar multi-fréquences faite à la verticale du satellite et la référence pour la mesure altimétrique est la trajectoire du satellite. Ceci implique la poursuite du satellite par des systèmes précis de télémétrie laser ou de télémétrie radio-électrique basée sur l'effet Doppler (comme le réseau français de poursuite DORIS), bien répartis sur la Terre. La position de ce réseau de stations doit être connu avec une précision centimétrique. Pour atteindre ce niveau de précision, il est nécessaire de déterminer les variations temporelles des positions de ces stations, dues aux mouvements tectoniques, aux marées terrestres, aux rebonds post-glaciaires,....

Ces études croisées d'orbitologie de plusieurs satellites géodésiques et de radio-positionnement des stations de poursuite à terre permettent de déterminer les variations du champ de gravité de la Terre aux très grandes longueurs d'ondes (500 km).

De telles techniques permettent aussi d'avoir accès :

- aux variations temporelles du champ de gravité, qu'elles soient saisonnières (dus essentiellement aux modifications saisonnières de la distribution des masses d'air et d'eau à la surface du globe) ou « séculaires » (dus à la décompression post-glaciaire – l'inversion de ce signal permettant notamment d'estimer de manière indirecte la viscosité du manteau terrestre) ;
- aux variations de la vitesse de rotation de la Terre et à l'oscillation de son axe de rotation ;
- aux petits déplacements du centre de masse de la Terre par rapport à son centre de masse moyen ;
- aux déplacements relatifs « instantanés » des plaques lithosphériques (la géodésie spatiale a permis de montrer que ceux-ci étaient similaires aux mouvements moyens calculés sur les trois derniers millions d'années) et aux déformations locales ou régionales affectant l'intérieur des plaques lithosphériques. Sur ce dernier point une mention particulière doit être faite des techniques d'interférométrie radar qui permettent une estimation directe des déformations, notamment les déformations co-sismiques ou celles des volcans.

Dans ce domaine, la France (Groupe de recherche en géodésie spatiale (GRGS) à Toulouse) occupe une place de premier rang en partenariat avec l'Allemagne et en compétition avec les équipes nord-américaines.

Dans le champ de l'altimétrie radar satellitaire des progrès spectaculaires ont été obtenus au cours des dernières années. Ce domaine d'observation et de modélisation, qui a débuté grâce à un premier altimètre installé sur Skylab en 1973, a bénéficié ensuite de plusieurs outils (missions Geos 3 de 1975 à 1978, Seasat en 1978, Geosat de 1985 à 1989, ERS-1 en 1991) ; il a fait un bond qualitatif extrêmement important avec le satellite franco-américain (CNES-NASA) Topex-Poseidon. Ce satellite lancé en 1992 devrait continuer à fonctionner jusqu'en l'an 2000.

L'altimétrie satellitaire permet aujourd'hui grâce à un niveau de précision qui est passé en vingt ans du mètre au centimètre l'accès aux différentes échelles de variations de la surface topographique océanique.

Les données satellitaires, notamment celles du satellite américain Geosat (devenues publiques en 1996) et de ERS-1, calibrées par les mesures *in situ* et croisées avec des modèles de comportement rhéologique de la lithosphère, ont permis de dresser de nouvelles cartes des fonds océaniques (résolution horizontale de 2 à 12 km, résolution verticale de l'ordre de 250 m) qui mettent en évidence des structures actuelles ou fossiles jusqu'ici totalement inconnues dans les régions mal couvertes par les observations *in situ* (océan Indien, océan Pacifique Sud, océan circum-antarctique).

Le CNER a constaté que la contribution française (GRGS) et européenne à ce champ de recherche se situe au meilleur niveau mondial, en compétition avec les seules équipes nord-américaines.

La connaissance du géoïde n'est pas actuellement suffisante pour voir directement le signal océanographique avec la précision souhaitée ⁽¹⁾. C'est en obligeant le satellite à repasser périodiquement sur la même trace (tous les dix jours dans le cas de Topex-Poseidon) que l'on peut s'abstraire du signal géophysique et avoir accès aux différents termes du signal océanographique :

- les radars altimétriques, notamment celui de Topex-Poseidon, donnent ainsi accès à la **hauteur moyenne des vagues** (précision de l'ordre de 10 %) et à la **vitesse du vent** (précision de l'ordre de 2 m/s), mais pas à leur direction ; ce domaine de recherche est essentiellement celui des diffusiomètres et des radars à ouverture synthétique (*voir infra*) ;
- un des résultats les plus remarquables de l'altimétrie satellitaire, est sa contribution aux modèles de **prédiction des marées**. En effet, grâce à sa précision de quelques centimètres et malgré une fréquence d'observation (10 jours pour Topex-Poseidon, 35 jours pour ERS-1) mal adaptée à l'étude des marées (phénomène de période semi-

1. Pour aller plus loin dans la connaissance précise du géoïde il faudra disposer de systèmes de satellites à très basse altitude mesurant directement le champ de gravité par gradiométrie et de mesures de différences de vitesse entre satellites : c'est le but des actuels projets CHAMP (projet allemand), GRACE (projet nord-américain avec participations allemande et française) et GOCE (projet européen).

diurne et diurne) et l'effet « stroboscopique » qui en résulte ⁽¹⁾, l'altimétrie satellitaire fournit l'équivalent de milliers de marégraphes répartis sur tous les océans. Par des techniques allant de méthodes empiriques de paramétrisation à partir des données altimétriques à des méthodes sophistiquées d'assimilation de ces données, l'altimétrie satellitaire a permis d'améliorer de manière spectaculaire les modèles hydrodynamiques de prédiction des marées à l'échelle des océans et des mers. Dans ce domaine, il faut souligner la place de la recherche française : le modèle développé par l'équipe du laboratoire des écoulements géophysiques et industriels (LEGI) à Grenoble est l'une des deux références mondiales. Ces modèles permettent en outre de définir les conditions aux limites pour les modèles régionaux ou locaux de prédiction des marées et des courants associés, et ont donc des implications très importantes en océanographie et en ingénierie côtières ;

– une fois déduits les effets de marée et d'état de surface, les mesures précises de la topographie océanique permettent aussi, et il s'agit là sans doute du résultat le plus spectaculaire obtenu ces dernières années en altimétrie grâce à Topex-Poseidon, d'atteindre la **topographie dynamique de l'océan**, dont l'amplitude est au plus de 1,5 mètre et qui est l'analogue du champ de pression en météorologie. La connaissance de la topographie dynamique permet de calculer les courants géostrophiques de surface (c. à d. tels que les forces de Coriolis équilibrent les forces de pression) et leur variabilité saisonnière, de suivre les fluctuations quasi périodiques à l'échelle des bassins (ondes de Kelvin et de Rossby) associées aux grands phénomènes océano-climatiques de type El Niño et de suivre l'évolution saisonnière de la topographie (effets de dilatation / contraction des eaux définissant la hauteur stérique). Par des techniques allant de méthodes empiriques de paramétrisation à des méthodes sophistiquées d'assimilation, ces nouvelles données ont permis d'améliorer de manière très significative les modèles de circulation générale de l'océan. Elles ne suffisent cependant pas aujourd'hui à contraindre de manière totalement satisfaisante les modèles numériques et l'obtention de données *in situ* et leur assimilation dans les modèles demeurent indispensables.

– enfin, la précision atteinte par le satellite Topex-Poseidon permet, grâce aux mesures répétitives de la topographie, d'estimer la variation dans le temps du **niveau moyen de la mer**. Les estimations faites sur les dernières années à partir des données de Topex-Poseidon (hausse du niveau de la mer de $1,2 \pm 1,0$ mm / an) sont de l'ordre de grandeur de la variation estimée depuis le début du siècle à partir des données obtenues grâce aux marégraphes ($1,6 \pm 0,4$ mm / an). Cette montée du niveau serait due principalement à la dilatation des eaux de surface (augmentation de la hauteur stérique) du fait de l'augmentation de la température moyenne et à la fonte des glaciers des régions tempérées.

Dans le domaine de l'étude du signal altimétrique océanique, le CNER a constaté que les équipes françaises relevant de différents organismes (CNES, CNRS/INSU, ORSTOM, SHOM, universités) jouent un rôle pilote sur le plan international (GRGS

1. On observe le phénomène à une fréquence qui est une combinaison de sa fréquence propre et de la fréquence orbitale. Ainsi, un satellite héliosynchrone ne permettrait pas d'avoir accès aux marées solaires ; c'est pourquoi l'orbite de Topex-Poseidon a été choisie comme non héliosynchrone ; elle permet d'observer les marées avec une période apparente de 62 jours.

à Toulouse, LODYC à Paris, LEGI à Grenoble, centre ORSTOM de Nouméa) et collaborent étroitement dans le cadre des programmes nationaux et internationaux.

État de surface de l'océan

Connaître les caractéristiques à grande échelle des champs de vagues et du vent de surface sont des éléments essentiels pour la modélisation numérique des circulations atmosphérique et océanique (le vent gouverne les échanges d'énergie thermique et cinétique et de masse à l'interface océan-atmosphère), ainsi que pour la prévision des états de la mer avec des applications importantes pour le routage des navires et l'ingénierie pétrolière offshore.

Le principe de la mesure est simple : dans le domaine des fréquences radar, l'eau se comporte comme un très bon réflecteur des ondes électromagnétiques et l'intensité du signal rétrodiffusé dépend essentiellement des caractéristiques géométriques de la surface ainsi que de l'angle d'incidence et de l'azimut des ondes. Sous incidence faible, la rétrodiffusion est dominée par la réflexion spéculaire, tandis que sous une incidence forte, c'est la diffusion résonante qui devient prépondérante. Dans ce domaine, trois outils satellitaires radar sont mis en œuvre :

- les **diffusiomètres** (radars multi-faisceaux à visée latérale à grande incidence), comme ceux embarqués sur les satellites européens ERS-1 et 2, permettent d'atteindre la vitesse du vent par la mesure des faisceaux rétrodiffusés (qui, à grande incidence, correspondent pour l'essentiel à de la diffusion résonante), le coefficient de rétrodiffusion étant calibré par des modèles empiriques reliant la rétrodiffusion radar, l'état de la mer et le champ de vents établis lors de campagnes à la mer. Cette technique permet d'atteindre une précision de 1 à 2 m/s pour la vitesse du vent et de 15° environ pour sa direction.
- les **radars altimétriques** (*voir supra*), radars multi-faisceaux à incidence nulle, qui permettent notamment une détermination de la hauteur caractéristique des vagues à partir de la réflexion spéculaire des ondes radar.
- les **radars à ouverture synthétique** (*Synthetic Aperture Radar* ou SAR) sont utilisés depuis une vingtaine d'années (Seasat, ERS-1 et 2, Radarsat canadien). Ils permettent en principe d'atteindre le spectre de répartition directionnelle de l'énergie des vagues. Dans la pratique, du fait de la non linéarité variable en fonction de la géométrie d'observation de la réponse de la surface de l'océan, l'inversion des données SAR pose de nombreuses difficultés théoriques. Sans information additionnelle indépendante, les données SAR sont extrêmement difficiles à utiliser en mode quantitatif et opérationnel pour décrire les champs de houle. Des corrections de non-linéarité sont réalisées à partir des sorties de modèle de prévision de houle, ce qui contraint très fortement les solutions. Cette technique est actuellement utilisée par le Centre européen de prévision météorologique à moyen terme (CEPMMT) de Reading et l'impact de l'assimilation des données SAR sur la qualité des modèles prédictifs est en cours d'évaluation.

Ces difficultés conduisent aujourd'hui à envisager, pour décrire les spectres de vagues, l'utilisation d'autres dispositifs instrumentaux, notamment les radars à ouverture réelle et balayage azimutal. Une version aéroportée de ce type d'instrument a été développée par le CNES.

Par ailleurs, des travaux sont en cours pour évaluer dans quelle mesure les capteurs passifs (radiomètres) pourraient être utilisés pour caractériser l'état de surface de la mer.

Température et salinité

La **température de surface** est l'un des premiers paramètres à avoir été déterminé par satellite. Sa détermination radiométrique, en mode passif, repose sur la correction puis l'inversion de l'émission infra-rouge de la surface de l'océan (« température de radiance »). Ces mesures sont obtenues notamment à partir des radiomètres multi-spectraux AVHRR des satellites défilants de la série TIROS-N de la NOAA, qui permettent sur les zones non couvertes par des nuages de déterminer la température moyenne de surface de cellules déca-kilométriques avec une précision de l'ordre de 0,3 à 0,5 degré. Elle est utilisée dans les modèles pour calculer les flux d'échanges à l'interface océan-atmosphère, mais l'outil satellitaire ne permet évidemment pas d'obtenir des profils de température de l'océan superficiel et a fortiori sur toute la hauteur d'eau que seuls les observations *in situ* permettent de décrire. Les radiomètres AVHRR, grâce à leur résolution de 1 km au nadir, permettent aussi de cartographier les gradients thermiques de surface au niveau des fronts, tourbillons,... avec une précision relative de l'ordre de 0,1 degré. D'autres satellites permettent la détermination de la température de surface, notamment les satellites géostationnaires METEOSAT (mais avec une moindre précision) et les satellites défilants récents comme ERS-1 et 2. Des progrès significatifs dans ce domaine sont attendus des satellites METEOSAT de seconde génération qui seront lancés à partir de l'an 2000.

La **salinité** est le seul paramètre important de l'océan superficiel dont la détermination par des capteurs embarqués sur satellites est aujourd'hui difficile. L'essai d'instruments à basse fréquence, utilisant les variations, différentes selon les longueurs d'onde, des propriétés diélectriques de l'océan superficiel en fonction de la salinité, est en cours ; le problème est aujourd'hui celui de la précision des corrections atmosphériques, qui peut être résolu si l'on accepte de n'avoir accès qu'à des valeurs moyennes sur des pavés de l'ordre de 200 kilomètres de côté. Par ailleurs, des recherches dans le domaine de la radiométrie hyperfréquence interférométrique laissent présager d'autres avancées à moyenne échéance.

Couleur de l'océan superficiel

Une autre application importante de l'outil satellitaire est l'observation de la « **couleur de l'eau** ». Les premières mesures de ce type ont été effectuées grâce au capteur CZCS embarqué sur le satellite Nimbus 7 de la NASA, qui a fonctionné de 1978 à 1986. Après une interruption d'une dizaine d'années, de nouveaux capteurs « couleur de l'eau » sont maintenant disponibles : les capteurs allemands MOS de la DLR sur le satellite indien IRS et le satellite russe PRIRODA lancés en 1996, le capteur japonais OCTS et le capteur français POLDER sur le satellite ADEOS de la NASDA (Japon) lancé en 1996, le capteur SeaWiFS sur le mini-satellite SEASTAR de la NASA lancé en 1997.

Le principe de la mesure « couleur de l'eau » est simple : les particules en suspension et les matières dissoutes dans l'eau de mer modifient, par leurs propriétés

absorbantes et diffusantes, la signature spectrale du rayonnement solaire réfléchi par la surface océanique. De l'espace, l'obtention de la « couleur intrinsèque » de l'océan n'est cependant pas chose simple, dans la mesure où le signal réfléchi par la surface océanique est très fortement modifié, lors de sa traversée de l'atmosphère, en raison de la diffusion de la lumière par les molécules gazeuses et les aérosols. En fait, 90 % du signal réfléchi capté par le satellite est d'origine atmosphérique. Les techniques et algorithmes de correction utilisés pour les nouveaux capteurs « couleur de l'eau » permettent de résoudre maintenant de manière satisfaisante cette difficulté, ce qui n'était pas le cas avec CZCS.

Pour l'**océan du large**, les modifications de « couleur intrinsèque » de l'océan sont régies de manière très dominante par les pigments chlorophylliens du phytoplancton qui absorbent dans le bleu (on utilise le canal à 443 nm) et émettent dans le vert (on utilise le canal à 550 ou à 565 nm). Le rapport des mesures de réflectance entre ces deux canaux donne accès à un indice de biomasse, grâce à des modèles empiriques ou analytiques de transfert radiatif permettant de relier couleur de l'eau et concentrations en pigments. Il faut relever ici la part essentielle jouée par la recherche française (notamment le Laboratoire de physique et chimie marines (LPCM) à Villefranche-sur-Mer) dans le développement de ces modèles de transfert radiatif et dans celui des modèles de lumière-photosynthèse permettant d'évaluer le taux de fixation du carbone à partir des données « couleur de l'eau ». Dans ce domaine, et malgré des limitations quant aux corrections atmosphériques, les données CZCS ont permis des avancées tout à fait remarquables dans lesquelles la recherche française est au tout premier plan (voir JGOFS).

Les eaux de surface de l'**océan côtier** contiennent des particules et substances dissoutes de nature et d'origine très variables, ce qui rend l'inversion quantitative du signal « couleur de l'eau » beaucoup plus délicate. Ceci explique que les données du capteur CZCS aient été peu utilisées de manière autre que qualitative en océanographie côtière.

Grâce à un nombre plus important de canaux (dans le visible et l'infra-rouge proche), aux observations multi-directionnelles (POLDER) et à l'amélioration des corrections atmosphériques, les nouveaux capteurs « couleur de l'eau » devraient permettre des avancées significatives dans ce domaine, en synergie avec le développement de modèles analytiques complexes de couleur prenant en compte la diversité des particules et substances présentes dans l'eau de mer.

Une limitation non négligeable des outils « couleur de l'eau » est qu'ils ne donnent accès qu'à la partie superficielle de l'océan (entre 2 et 30 mètres selon la turbidité des eaux) et ne permettent pas de « voir », notamment dans l'océan du large, l'ensemble de la couche photique où se développe le phytoplancton. Les estimations de la production primaire à partir de l'outil satellitaire suppose donc que soient établies, à l'aide d'études *in situ*, les relations statistiques entre les concentrations en pigments des couches superficielles et leur distribution en profondeur, d'où la nécessité dans ce domaine d'une mise en synergie des observations satellitaires, des études de processus et de la modélisation.

Imagerie haute résolution

Ce panorama des outils satellitaires appliqués à l'océanographie ne serait pas complet sans rappeler l'importance de l'imagerie radiométrique haute résolution (SPOT, LANDSAT,...), en particulier pour les études du milieu côtier (évolution du trait de côte, cartographie des très petits fonds, suivi de la turbidité des eaux,...).

Il faut rappeler enfin que les satellites jouent un rôle fondamental dans la **transmission des données**. Dans ce domaine également, la France occupe une place importante grâce notamment au système ARGOS développé conjointement par le CNES et la NOAA il y a plus de quinze ans.

Pour les différents outils satellitaires, les techniques modernes de mise en forme et de distribution des données (CD Rom, Internet) permettent, dans la plupart des cas, de régler de manière satisfaisante le problème, souvent délicat, de l'accès aux données. Celui-ci se fait nécessairement dans un cadre international et, au départ, sur la base d'appels d'offres organisés par les agences spatiales (CNES, ASE, NASA, NASDA,...) qui permettent de sélectionner les équipes compétentes dans l'analyse et le traitement des données. Le CNER estime que cette sélection est, en ce qui concerne les équipes françaises, globalement satisfaisante. Dans le cas de Topex-Poseidon par exemple, plusieurs centaines de chercheurs ont ainsi gratuitement accès aux données (sous forme d'un CD Rom tous les dix jours et via Internet) en temps pratiquement réel. La diffusion des données auprès d'un nombre important d'équipes permet d'assurer une émulation dans l'analyse et l'assimilation des données, mais aussi de détecter les éventuelles dérives instrumentales, d'améliorer les techniques de correction, et de mieux préparer la mise au point des instruments suivants.

Avis du CNER

Le comité n'a pas procédé à une évaluation systématique des programmes satellitaires actuels et des projets dans ce domaine, ce qui n'était pas l'objet de la demande qui lui était adressée. En particulier, le comité n'a abordé ni la programmation définie par les organismes français (CNES) et européen (Agence spatiale européenne) ni la mise au point des instruments et capteurs, la construction des satellites et les relations entre organismes de recherche, bureaux d'étude et industriels dans ce domaine. Le comité a estimé que l'étude de la contribution de l'industrie française au domaine satellitaire sortait du cadre de l'évaluation des programmes et des moyens de l'océanographie.

La revue des principales utilisations des instruments satellitaires dans le domaine de l'océanographie débouche cependant sur un certain nombre de constats qui doivent être resitués par rapport aux enjeux actuels de l'océanographie.

Concernant la « terre solide », les techniques d'orbitologie, de radio-positionnement et d'altimétrie ont débouché sur des résultats nouveaux et importants pour lesquels les équipes françaises ont joué un rôle décisif. Dans ce domaine, une meilleure connaissance du géoïde, grâce aux satellites géodésiques de basse altitude, devraient déboucher sur de nouvelles avancées dans les années qui viennent.

Concernant l'océanographie proprement dite, le premier constat est que, suite à la phase d'exploration et de mises au point allant approximativement de 1970 à 1985, les outils satellitaires ont atteint à la fin des années 80 et au cours des années 90 une maturité et des performances qui en font aujourd'hui des outils indispensables pour toutes les études globales ou régionales de l'océan sur la longue durée. **L'enjeu aujourd'hui est d'assurer la continuité des observations satellitaires dans la durée et de bâtir un véritable système mondial permanent d'observation de l'océan.** Les équipes et organismes français ont joué un rôle important dans les développements satellitaires des deux dernières décennies. Il est essentiel qu'elles conservent et renouvellent les moyens humains et matériels lui permettant de participer au niveau d'excellence actuel à la mise en place de la composante satellitaire de ce système mondial.

Le CNER constate que les communautés scientifiques et les utilisateurs « opérationnels » français ont joué un rôle essentiel dans la définition des projets satellitaires, tout particulièrement pour les « petits » satellites dédiés à une mission spécifique comme Topex-Poseidon pour l'altimétrie ou SeaWiFS-Seastar pour la « couleur de l'eau ». Une telle synergie entre ingénieurs, chercheurs et opérationnels n'est pas commune et l'enjeu est le maintien de cette synergie à travers des structures de projet ouvertes, ainsi que la pérennisation et l'intégration des équipes.

Pour des raisons de coût et de performances et surtout pour des impératifs de continuité opérationnelle (possibilité d'envisager des séries dans le cadre d'une programmation pluriannuelle, compte tenu de la durée de vie limitée des satellites), il faut sans doute privilégier, pour le passage à un système d'observation opérationnel permanent, l'utilisation d'outils légers, dédiés à un type d'observation spécifique et utilisant une technique dont la « robustesse » est démontrée, plutôt que des plates-formes lourdes multi-fonctionnelles, plus coûteuses, plus difficiles à mettre en œuvre et restant souvent uniques.

En partenariat avec les nord-américains (Topex-Poseidon) et au sein de l'Agence spatiale européenne (ERS-1 et 2) ou dans un cadre national (DORIS), les équipes françaises ont notamment contribué de façon déterminante au développement des outils satellitaires et de leurs utilisations dans le domaine de la topographie de la surface de l'océan et de la circulation océanique. Les succès du satellite dédié Topex-Poseidon justifient pleinement qu'une suite opérationnelle lui soit donnée. Dans cette perspective, la décision de lancer en l'an 2000 l'altimètre franco-américain JASON, dont les caractéristiques ont été définies conjointement par les scientifiques et les ingénieurs et qui aura au minimum les performances de Topex-Poseidon, apparaît logique et pleinement justifiée.

Le troisième constat est que les satellites, qui ne « voient » que la surface de l'océan, ne remplacent pas aujourd'hui (et dans un moyen terme prévisible) les moyens d'observation *in situ*, que ce soit pour les études de processus ou pour l'observation permanente de l'océan. Les deux types de données sont complémentaires, doivent être pensés en synergie et intégrés dans un système mondial permanent d'observation de l'océan, l'assimilation des différentes données dans les modèles étant la clé de cette intégration.

De ce point de vue le comité estime que le projet MERCATOR, qui a pour ambition d'assimiler les données spatiales et les données in situ dans des modèles en cours de développement de façon à pouvoir fournir une description permanente en trois dimensions de l'océan, doit être vigoureusement soutenu par les organismes (CERFACS (Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique), CNRS/INSU, CNES, IFREMER, Météo France, ORSTOM, SHOM) et leurs tutelles. MERCATOR utilise les données à la mer ; il ne prévoit pas leur développement à l'intérieur du projet lui-même, mais compte que le déploiement des réseaux d'instruments à la mer se fera dans un contexte international, ce que le CNER considère comme la seule solution viable.

Le programme international GODAE reprend le schéma de base de MERCATOR, mais a aussi pour vocation de coordonner la définition du système de mesures à la mer en liaison avec les organismes internationaux dont c'est la mission et avec la participation des pays adhérents au projet, dont la France. Dans l'optique du développement de la modélisation opérationnelle, la création en 1997, sous l'égide de l'IFREMER, du groupe inter-organismes CORIOLIS correspond à une volonté de mieux définir, à l'interface entre chercheurs et ingénieurs, les plans d'échantillonnage et les instruments nécessaires aux études de caractérisation des masses d'eau et de leur circulation ainsi que la part que doivent y prendre les organismes français. Le CNER constate avec satisfaction cet effort de réflexion et d'intégration.

Recherche française en océanographie et programmes européens

Les programmes de recherche de l'Union européenne, gérés par la Commission européenne avec le concours de représentants des États membres, s'inscrivent dans un programme-cadre de recherche et de développement technologique pluriannuel (PCRD). Le 3^e PCRD (1990-1994) et le 4^e PCRD (1994-1998), qui correspondent à la période de référence de l'évaluation, ont permis de financer des projets d'une durée moyenne de deux ans et demi. Leur appréciation requiert une double approche : d'une part la prise en compte des projets de recherche eux-mêmes ; d'autre part, l'examen des recettes annuelles enregistrées par les organismes bénéficiaires, au titre des versements périodiques annuels. À ce propos, il convient de noter que, contrairement aux contrats de recherche en usage dans les organismes publics français, il n'y a pas, s'agissant des projets de recherche co-financés par l'Union européenne, d'automatisme dans les versements périodiques. À partir d'un premier versement forfaitaire, les versements suivants sont déterminés au vu des dépenses constatées annuellement.

La première approche évoquée ci-dessus sera illustrée par une analyse du programme **Marine Science and Technology** ou MAST 3 (4^e PCRD), représentant près de la moitié des projets communautaires dans le domaine des sciences océanographiques. La seconde approche fera l'objet d'un tableau récapitulatif des financements

reçus annuellement par les trois principaux organismes concernés, l'INSU, l'IFREMER et l'ORSTOM. L'IFRTP n'est pas concerné directement par les projets de recherche communautaires, ne disposant pas de personnels chercheurs propres, même s'il peut l'être indirectement, par le biais d'affrètements du navire hauturier Marion Dufresne au profit d'équipes scientifiques européennes. Il convient d'ajouter que les données figurant dans le tableau récapitulatif ne comprennent pas, faute d'informations, les financements versés aux équipes universitaires, certaines d'entre elles, mixtes ou associées au CNRS, choisissant de faire gérer leurs projets de recherche par leur université d'appartenance ; en conséquence, les chiffres mentionnés dans ce tableau sont partiellement sous-évalués.

Le programme science et technologie marines (MAST)

Trois programmes pluriannuels Sciences et technologie marines (MAST) se sont succédés depuis une dizaine d'années. MAST ne prend pas en compte la recherche halieutique, traitée dans d'autres programmes spécifiques du PCRD (*Fisheries and Agroindustry Research* – FAIR, dans le 3^e PCRD, Agriculture et Pêches dans le 4^e PCRD), pas plus que les recherches concernant la paléo-océanographie (figurant dans le cadre du programme spécifique « Environnement » du 3^e PCRD, « Environnement et Climat » du 4^e PCRD).

MAST 1 s'est déroulé de 1987 à 1991, MAST 2 de 1991 à 1994 et MAST 3, lancé en 1994, se termine à la fin de l'année 1998. Les projets eux-mêmes, d'une durée moyenne de deux ans et demi, peuvent largement excéder ces limites lorsqu'ils débutent en fin de vie d'un programme spécifique.

Les projets communautaires de recherche doivent répondre, parmi d'autres, au critère majeur de transnationalité : il requiert l'intervention systématique des équipes de recherche de plus de deux États de l'Union européenne. Chaque projet est présenté par un coordonnateur qui joue le rôle d'animateur pendant la préparation du projet et devient le porte-parole des partenaires vis-à-vis de la Commission européenne lorsque le projet est sélectionné. Le coordonnateur assume alors la responsabilité de la négociation financière avec la Commission européenne pour l'établissement du contrat proprement dit. Il convient de distinguer, lorsqu'on cherche à apprécier la place d'un pays au sein de l'Union européenne, entre le rôle de coordonnateur de projet (reconnaissance d'excellence scientifique ou technologique) du rôle de partenaire du projet. Ainsi le taux de participation d'un pays s'évalue habituellement par le nombre de projets qu'il coordonne ou dans lesquels il est partenaire, rapporté au nombre total de projets. Ce dernier indice est important à considérer car le PCRD n'a pas pour but de redistribuer selon de nouvelles clés les crédits provenant des États membres, mais bien plutôt de créer des synergies à travers les partenariats.

La tableau ci-dessous indique, pour les trois programmes MAST (MAST 3 est pris en compte dans sa première phase), à partir des données régulièrement publiées par la Commission européenne, le nombre de projets coordonnés par la France ou

auxquels la France participe (sans distinction du nombre d'équipes nationales) par rapport au nombre total de projets :

exprimé en nombre de projets

	MAST 1		MAST 2		MAST 3	
	coordinateur	partenaire	coordinateur	partenaire	coordinateur	partenaire
France	11	27	15	49	10	56
Total	46	167	68	255	46	340
Taux	24 %	16 %	22 %	19 %	20 %	16 %

En termes financiers, il est intéressant de rappeler l'évolution des moyennes théoriques du montant des projets, du nombre d'équipes tous pays confondus, impliquées dans les projets et du montant moyen théorique par équipe :

montants en Écus

	MAST 1	MAST 2	MAST 3
Montant moyen	715 000	1 090 000	1 804 000
Nombre moyen d'équipes nationales	3,6	3,8	8,4
Montant moyen par équipes	197 000	290 700	215 300

Les informations émanant de la Commission européenne fournissent le montant total du contrat négocié, mais n'indiquent pas la répartition entre les différentes équipes. Pour aller plus loin, il faut recourir aux données dont disposent les représentants français dans le comité MAST.

Ce tableau démontre le succès rencontré par MAST parmi les États membres, en même temps qu'il met bien en évidence la durée nécessaire pour construire et stabiliser des partenariats d'une demi-douzaine d'équipes. L'accès aux informations financières précises ne modifierait pas sensiblement cette conclusion ; malgré l'importance de l'écart-type (le montant des contrats de MAST 3 varie entre 1 et 4 Mécus), les réponses des équipes témoignent d'un intérêt croissant dont l'origine n'est pas seulement financière.

Financements communautaires

MAST n'est pas le seul programme spécifique intéressant l'océanographie. Les recherches halieutiques sont financées dans le cadre du programme « Agriculture et pêches », les recherches en paléoclimatologie, dans le cadre du programme « Environnement et Climat ».

D'autres programmes spécifiques du PCRD interviennent également en océanographie : s'agissant de la coopération avec les pays tiers hors Union européenne, les programmes « Science et technologie pour le développement » (STD - 3^e PCRD) et « Coopération internationale » (INCO - 4^e PCRD) traitent du domaine de l'exploitation durable des ressources naturelles vivantes, donc de la pêche.

Les programmes « Technologies de l'information » (suite du programme « ESPRIT » du 3^e PCRD) et « Technologies industrielles et des matériaux » (suite du programme *Basic Research for Industrial Technology in Europe – European Research Applied on Materials* – BRITE-EURAM, 3^e PCRD), ainsi que le programme « Énergie » (JOULE, pour sa partie recherche) interviennent ponctuellement dans le domaine des technologies de base (acoustique sous-marine, optique sous-marine, corrosion des matériaux sous pression en milieu salé, etc.).

Enfin, il convient de noter l'intervention du programme dit « horizontal » de formation post-doctorale et de constitution de réseaux de recherche (« Capital humain et mobilité » – CHM, 3^e PCRD, devenu « Formation et mobilité des chercheurs » – FMC, *Training and Mobility of Researchers*).

Par ailleurs il faut noter l'existence des financements d'études hors du PCRD, en particulier ceux relevant de l'assistance aux pays en développement ou d'actions dans le domaine de l'environnement (programme LIFE).

Le tableau ci-après donne, pour trois des grands organismes analysés (INSU, IFREMER et ORSTOM) le détail, programme par programme, des ressources annuelles correspondant aux contributions communautaires reçues chaque année dans le cadre de projets de recherche ou de contrats d'assistance.

La progression de plus du double en trois ans des financements d'origine communautaire traduit un intérêt croissant des équipes françaises pour les projets communautaires, en particulier pour les équipes de l'INSU qui voient leurs ressources communautaires quadrupler selon ces estimations. Il faut toutefois noter que l'affectation des crédits européens aux équipes varie selon les organismes bénéficiaires. Ainsi, dans le cas de l'INSU, l'équipe proposante reçoit la totalité du co-financement communautaire du projet retenu ; dans le cas de l'IFREMER, elle ne reçoit qu'une partie du co-financement, l'établissement conservant sous forme de recettes, les frais de personnel permanent (50 % des salaires) ainsi que des frais de gestion.

Sachant que ces données sont sous-estimées, notamment en raison de la non comptabilisation des crédits reçus par les universités et par le département « Sciences de la vie » du CNRS pour les projets concernant l'océanographie biologique, une seconde remarque consiste à s'interroger sur la capacité des financements incitatifs des programmes nationaux à orienter les équipes de recherche. Au total, les niveaux de financement des programmes nationaux qui ont été passés en revue représentent moins de la moitié des crédits reçus pour la réalisation de projets communautaires de recherche en partenariat, en ne considérant que ceux qui relèvent du PCRD, et le tiers environ, si l'on comptabilise la totalité des ressources d'origine européenne.

Tableau récapitulatif des contributions communautaires

en francs

	1994	1995	1996	1997
INSU				
MAST	741 417	4 026 557	6 718 444	7 337 747
Environnement-Climat	755 125	1 393 000	3 215 234	3 791 084
CHM / FMC	961 603	1 862 481	1 678 730	1 302 339
FAIR / A & P		6 222	219 333	219 333
Total PCRD	2 458 145	7 288 260	11 831 741	12 650 503
Total	2 458 145	7 288 260	11 831 741	12 650 503
ORSTOM				
MAST			154 000	154 000
FAIR / A & P			29 828	1 008 933
STD / INCO	317 595	317 595	352 595	711 188
Total PCRD	317 595	317 595	536 423	1 874 121
<i>hors PCRD</i>	<i>2 681 000</i>	<i>3 287 000</i>	<i>2 558 709</i>	<i>2 300 799</i>
Total général	2 998 595	3 604 595	3 095 132	4 174 920
IFREMER				
MAST	4 698 012	9 048 392	9 939 055	
Environnement -Climat	496 879	312 717	360 888	
CHM / FMC	942 435	134 785	508 167	
FAIR / A & P	1 459 003	1 261 673	3 684 369	
STD / INCO	546 140	342 000	411 152	
ESPRIT	424 410	200 032	660 597	
BRITE-EURAM	1 245 267	664 397	605 601	
Gros équipement	1 580 160	1 053 440	1 507 200	
JOULE	61 126	24 047		
Total PCRD	11 453 432	13 041 483	17 677 029	
<i>hors PCRD</i>			7 660 296	
Total général	11 453 432	13 041 483	25 337 325	
Totaux				
PCRD	14 229 172	20 647 338	30 045 193	
<i>hors PCRD</i>	<i>2 681 000</i>	<i>3 287 000</i>	<i>10 219 005</i>	
Total	16 910 172	23 934 338	40 264 198	

Sources : INSU, ORSTOM, IFREMER

ANNEXE 2

Les moyens à la mer, leur gestion et leur programmation

Un bref historique

Jusqu'à la création en 1961, au sein de la jeune Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DGRST), de l'action concertée « comité pour l'exploitation des océans » (COMEXO), les moyens navals de l'océanographie française se limitaient au grand navire de recherche halieutique de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes – ISTPM (*Président Théodore Tissier*, remplacé en 1958 par la *Thalassa*, premier navire français équipé pour le chalutage par l'arrière), et à une série de petites unités dont la longueur était comprise entre 16 et 20 mètres, directement gérées pour les besoins de la recherche et de l'enseignement par les quatre principaux laboratoires marins universitaires (Roscoff, Banyuls-sur-Mer, Marseille et Villefranche-sur-Mer) ou appartenant à l'ISTPM. La communauté des océanographes, physiciens pour l'essentiel, faisait également appel de manière occasionnelle aux bâtiments de la Marine nationale affectés au Bureau d'études océanographiques (dragueur de mines océaniques *Origny*), et, dans le cadre d'un affrètement financé par le Centre national de la recherche scientifique, à la *Calypso* du Commandant J.-Y. Cousteau.

On doit à la DGRST et au COMEXO la décision de construction du navire océanographique *Jean Charcot*, premier navire français de haute mer lancé en 1965. L'armement du navire avait été confié à la direction des câbles sous-marins ; la gestion des campagnes était assurée par le COMEXO et exécutée par un secrétariat permanent localisé à la DGRST. Avant sa dissolution en 1967, le COMEXO avait également entrepris la construction de deux navires de recherche océanographique et halieutique de 45 mètres environ, respectivement destinés à l'ISTPM (le *Cryos*) et à l'ORSTOM (le *Capricorne*), ainsi qu'un sous-marin d'exploration profonde capable d'atteindre 3 000 mètres (la *Cyana*).

Les espoirs alors mis dans l'importance de ressources marines nouvelles conduisirent les pouvoirs publics, à l'instar de la politique spatiale, à mettre en place un nouvel établissement public à caractère industriel et commercial, le Centre national d'exploitation des océans (CNEXO), destiné à explorer ces ressources et à mener les études préparatoires à leur utilisation. Créé en 1967, celui-ci se vit confier la gestion de tous ces nouveaux navires de haute mer.

Cette situation nouvelle aboutissait à la juxtaposition de quatre flottes, et même de cinq si l'on y ajoutait les possibilités du navire *Marion Dufresne*, lancé en 1973, qui avait pour rôle principal la desserte des Terres Australes et Antarctiques Françaises :

- la flotte hauturière du CNEXO composée du *Jean Charcot*, du *Cryos* et du *Capricorne*, complétée par la *Cyana* ;
- la flotte halieutique de l’Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM) composée du navire hauturier, la *Thalassa*, et de trois navires côtiers ;
- la flottille des stations marines du CNRS et des universités, essentiellement celles de Roscoff, Banyuls, Marseille et Villefranche-sur-Mer, pour les bateaux les plus importants de 16 à 20 mètres de longueur ;
- les bateaux similaires de l’Office de recherche scientifique et technique d’outre-mer (ORSTOM) basés dans le Pacifique et sur les côtes d’Afrique occidentale.

En 1984, la fusion du CNEXO et de l’ISTPM au sein de l’Institut français pour l’exploitation de la mer (IFREMER) permet de ramener à quatre le nombre des armements.

Un partage entre les flottes du CNRS et de l’IFREMER fut établi, à partir de considérations relatives à la sécurité et à la composition des équipages ; les bateaux du CNRS, gérés par l’Institut national des sciences de l’univers, furent ainsi limités à des unités de moins de 25 mètres de longueur. Grâce à l’action du Comité des recherches marines, cette flotte put être aussi renouvelée et un dispositif efficace de programmation des plus grandes unités fut élaboré par façades, aujourd’hui la Méditerranée d’une part, la Manche et l’Atlantique d’autre part. Même les deux petits bateaux de l’IFREMER, hérités de l’ISTPM, sont pris en compte dans cette procédure depuis 1992.

La flotte hauturière

Dans le contexte décrit ci-dessus, un plan de renouvellement de la flotte hauturière fut établi au niveau de l’IFREMER en 1986. Il prévoyait un ensemble de quatre navires :

- un grand navire océanographique polyvalent remplaçant le *Jean Charcot*, capable de mettre en œuvre le sous-marin Nautilus destiné à l’exploration des fonds jusqu’à 6 000 mètres récemment construit, et disposant de laboratoires pour le travail de 25 chercheurs. Ce fut l’*Atalante* mis en service en 1989 ;
- un grand navire spécialisé en halieutique, remplaçant la *Thalassa*, avec une discrétion acoustique particulièrement soignée. Ce fut la nouvelle *Thalassa* mise en service en 1996, qui a bénéficié de contributions financières espagnoles et européennes ; propriété de l’IFREMER, il doit être mis à la disposition de l’Institut espagnol d’océanographie (IEO) deux mois par an ;
- un navire océanographique de taille moyenne, mais doté de moyens de travail et d’hébergement permettant l’embarquement de 25 scientifiques dans d’excellentes conditions, avec laboratoires, réseau informatique et sondeur multi-faisceaux. Il devait être capable de remplacer deux navires existants. Les études faites ont abouti à une refonte du *Suroît*, sans la « jumboïsation » initialement retenue, pour un coût estimé à 35 MF, l’ancien *Noroît*, mis en service en 1971, étant réformé à la fin de 1995. Ces deux navires, Le *Suroît* et le *Noroît* avaient permis de remplacer au début des années 70 les vieux *Cryos* et *Capricorne*.

– un nouveau navire d’exploration profonde (NEP en abrégé) destiné à remplacer le *Nadir*, ancien ravitailleur de plates-formes, porteur du bathyscaphe, acquis ensuite par l’IFREMER pour mettre en œuvre les sous-marins Cyana et Nautil. Le *Nadir* est tout juste capable d’accueillir 25 scientifiques à bord dans des conditions précaires (logement en containers) et sans surfaces de laboratoires. Son état général obligera à le réformer en 2001. Le projet actuel de NEP, conformément au plan de 1986, prévoit un vrai navire océanographique multi-fonctions à transit rapide (≈ 15 nœuds) doté d’une propulsion électrique silencieuse, d’un positionnement dynamique, d’un sondeur multi-faisceaux et de laboratoires et postes de travail pour plus de vingt scientifiques.

Deux des opérations du plan de 1986 sont donc réalisées, la troisième est programmée pour 1998 et se fera à un coût modeste (environ 40 MF). La quatrième, estimée à plus de 300 MF, pose problème par son ampleur et sa finalité.

En effet, une opération extérieure à l’organisme gestionnaire de la flotte hauturière nationale, et menée sans aucune concertation avec lui, a été réalisée sous l’égide des TAAF : le remplacement en 1995 du *Marion Dufresne* par une nouvelle unité de même dénomination, conçue comme un navire océanographique polyvalent complété par des capacités de charge (conteneurs de 20 pieds, pétrole) et de transport de 110 passagers. Bien adapté aux conditions marines extrêmes de l’Océan sud, sans être un brise-glace, il est plus haut sur l’eau qu’un navire océanographique classique. Il se déplace plus rapidement d’un site à l’autre à une vitesse de transit de 14 nœuds au lieu de la vitesse de 10 à 11 nœuds des autres navires hauturiers et comprend des équipements océanographiques modernes : positionnement dynamique, sondeur multi-faisceaux, carottier « géant ». Moyennant quelques adaptations qu’il convient d’expertiser, il pourrait sans doute mettre à l’eau la Cyana et les futurs sous-marins téléguidés non habités, à commencer par le ROV Victor 6000 (*voir infra*).

Cette décision de construire un navire océanographique a été prise dans le contexte de la création en 1992, sous la forme d’un groupement d’intérêt public, de l’Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP). Conformément aux accords passés entre l’IFRTP et les TAAF le *Marion Dufresne* n’est utilisable que 135 jours par an pour les recherches océanographiques.

La flotte hauturière française apparaît ainsi comme une flotte moderne et bien équipée avec 3 navires (*Atalante*, *Thalassa* et *Marion Dufresne*) récents et un navire (*Le Suroît*) qui devrait faire l’objet en 1998 d’une profonde rénovation.

Seule demeure la question du remplacement du *Nadir*, navire porte-engins voué à une réforme certaine en 2001. L’évaluation conjointe des programmes, des demandes de campagne et de l’utilisation des navires vont permettre de l’éclairer (*cf. infra*).

Les submersibles

Il s’agit d’un ensemble de submersibles, deux habités (*Nautil* et *Cyana*) et un non habité téléopéré (*Remotely Operated Vehicle* – ROV Victor 6000) actuellement en essai, qui est une des grandes originalités des équipements océanographiques français.

Seuls les États-Unis disposent d'une capacité comparable. Le Japon s'est doté également de deux engins opérant notamment en géosciences dans le Pacifique. Quant à la Russie, elle n'opère plus, pour la recherche, les deux engins qu'elle détient.

Le plus ancien sous-marin habité est la **Cyana**, construite en 1974 et qui peut intervenir jusqu'à 3 000 mètres de profondeur en étant mise en œuvre par le Nadir, l'Atalante ou le Suroît, ainsi qu'en principe par le Marion Dufresne. Cet engin, facturé par l'IFREMER à 72 000 F/jour en affrètement commercial et à 60 000 F/jour pour des recherches communautaires, est peu utilisé et des essais de requalification sont nécessaires. Au plan technique, la faible résilience de la coque épaisse à basse température reste un problème dès lors que l'on opère à la limite maximale de l'engin, soit 3 000 mètres de profondeur. Il serait en tout cas opportun de faire réaliser une expertise technique de Cyana, en prévision des perspectives de reprise des recherches sur les marges.

Le **Nautil** a été construit en 1984 pour intervenir jusqu'à des profondeurs de 6 000 mètres. Il est actuellement mis en œuvre surtout par le Nadir et moins souvent par l'Atalante. Associé à son véhicule téléopéré proche, le *Robin*, il est indispensable pour toute exploration nécessitant d'aller voir des espaces nouveaux. Il est facturé pour 155 000 F/jour commercialement et 95 000 F/jour pour les recherches communautaires, non compris le coût de fonctionnement du Robin facturé 6 700 F supplémentaires par jour. Sa conception a pu se faire grâce au rassemblement des compétences de la direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI) de l'IFREMER avec celles de la direction des constructions navales (DCN) de la Délégation générale à l'armement (DGA).

Le submersible téléopéré, ROV Victor 6000 est en cours de mise au point par les mêmes concepteurs. Il pourra travailler jusqu'à 6 000 mètres d'immersion, dans un rayon de 200 mètres autour d'un lest mobile ou remorqué à faible vitesse. Il dispose d'une grande autonomie au fond pouvant atteindre 72 heures. Il devrait être opéré par l'Atalante et la Thalassa et, moyennant quelques adaptations à expertiser techniquement, le Marion Dufresne devrait aussi être capable de le mettre en œuvre. Ces trois navires disposent d'un positionnement dynamique performant et des moyens de manutention adaptés. Cependant il faut savoir que l'usage de la télécommande nécessite une transmission par un câble lesté qui pour ces profondeurs représente avec le Victor 6000 une masse immergée de près de 20 tonnes, voisine de celle du Nautil. Il convient en effet de signaler qu'un dispositif de télécommande sans fil par ultrasons n'est pas opérant en raison de délais de transmission (célérité du son dans l'eau : 1 500 m/s) incompatibles avec un pilotage précis et sûr de l'engin.

Pour les submersibles, la question majeure porte sur les capacités futures des sous-marins téléopérés. Les résultats des essais du ROV Victor 6000 seront déterminants à cet égard car ils conditionnent les choix à venir. Les enjeux scientifiques et économiques des marges continentales nécessiteront des engins d'exploration des fonds d'environ 2 000 mètres ; du succès de l'expérience Victor 6000 dépend la mise au point d'engins plus économiques et mieux adaptés à ces profondeurs. En attendant la Cyana répond à ce champ d'observation.

Les flottes côtières

Douze navires côtiers, dont dix véritables navires de façade, sont actuellement opérationnels. Le nombre total n'a pas varié au cours de la période 1994-1997, mais quatre des dix navires de façade ont moins de cinq ans d'âge. Tous les bateaux relevant de l'INSU et de l'IFREMER (ex-ISTPM) ont moins de 25 mètres de longueur. En dehors des récents *Tethys II* et *Côte de la Manche*, cette flotte commence à vieillir et présente deux insuffisances majeures :

- l'une de nature technique, due aux vibrations et au bruit, en particulier sur la *Thalia*, qui limitent les possibilités de travail ;
- l'autre due à la taille des embarcations, inadaptée au travail actuel qui exige de plus longues durées en mer pour des études de processus demandant des poses et relevés de mouillages complexes avec deux équipes embarquées au lieu d'une et une plage arrière plus importante. En 1997, le navire hauturier le *Suroît* a dû être utilisé à cet effet en Méditerranée durant deux mois.

Ce sont ces nouvelles conditions de travail qui ont conduit à la formule du catamaran embarquant au moins 8 scientifiques, d'une longueur de 30 à 35 mètres comme l'*Antea* de l'ORSTOM et l'*Europe* de l'IFREMER, et pouvant néanmoins approcher la côte grâce à un faible tirant d'eau. L'Union européenne (DG XIV) a apporté son concours à la construction du deuxième dans le cadre d'une convention de mise à disposition auprès de l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare) italien.

Il est à noter que l'IFRTP dispose également par convention de la mise à disposition pour 11 000 F / jour d'un bateau de liaison de 25 mètres de long appartenant aux TAAF qui peut faire des travaux d'océanographie légère autour des îles Kerguelen et de Crozet.

En ce qui concerne l'avenir de la flotte de façade, l'INSU envisage à partir de l'an 2000 le remplacement de ses deux plus anciens navires, le *Professeur Georges Petit* en Méditerranée et le *Côte d'Aquitaine* en Atlantique. Pour la façade Atlantique, une réflexion conjointe informelle entre l'INSU et l'IFREMER a été introduite au sein du Comité inter-régional Manche-Atlantique, afin d'optimiser le remplacement des trois anciens navires de cette façade (*Gwen Drez*, *Thalia* et *Côte d'Aquitaine*) en reconsidérant la taille de ces bateaux et leur plan de charge prévisible. Ceci pourrait conduire à programmer la construction de deux navires seulement.

Signalons enfin que les stations marines du CNRS et des universités disposent d'une flottille directement gérée par leur soin. Cette flottille est constituée de neuf embarcations, d'une longueur de 7 à 12 mètres. Leur coût mensuel d'exploitation s'élève à 15 000 F par mois, hors le salaire des marins. Le personnel qui arme ces petites unités a le même statut que celui qui constitue les équipages des navires plus importants. Prévu pour naviguer à la journée, ces embarcations sont utilisées pour la recherche, mais aussi pour l'enseignement.

L'ORSTOM dispose pour sa part de vedettes à Nouméa et à Papeete.

Flottille des stations marines INSU/universités et ORSTOM (1994-1997)

Opérateur <i>Port d'attache</i>	Navires côtiers	Mise en service	Longueur (Hors tout - en mètres)
INSU/Univ.			
Banyuls	Nereis	1961	11,9
Roscoff	Mysis	1962	11,4
Arcachon	Planula II	1964	11,0
Marseille	Armandia	1965	9,4
Concarneau	Garvel	1984	8,5
Villefranche	Sagitta II	1985	8,5
Dinard	Louis Fage	1986	10,5
Villefranche	Vellele II	1986	7,0
Banyuls	Rufi	1987	7,0
ORSTOM			
Nouméa	Dawa	1983	12,0
Papeete	Coris		7,0

Les outils lourds embarqués et les engins autonomes de mesure en mer

Cette revue qui a mis l'accent sur les forces et les faiblesses du matériel flottant et de pénétration sous-marine ne serait pas complète sans tenir compte des équipements océanographiques et de leur développement qui sont de deux types :

Les outils lourds et embarqués

Ils nécessitent généralement une puissante informatique associée, disponible sur *l'Atalante*, *la Thalassa*, *le Marion Dufresne* et prévue sur *le Suroît* rénové. Parmi les équipements considérés il convient de citer essentiellement par ordre d'excellence sur le plan international :

- le carottier « géant » du *Marion Dufresne*, unique au monde, permettant de prélever par grands fonds des carottes de plus de 50 mètres de longueur ;
- le système acoustique remorqué (SAR) ;

- le système de vidéo grands fonds sous câble électroporteur (système de caméras ponctuel interactif – SCAMPI) ;
- le système de navigation acoustique pour le positionnement précis des engins ;
- le système de sismique multi-traces 2D, certes inférieur aux systèmes de la recherche pétrolière ;
- les sondeurs multi-faisceaux grand fond de l'*Atalante* et du *Marion Dufresne*, ce dernier étant encore en cours de développement entre l'IFRTP et un industriel français ;
- le réseau de sismomètres de fond de mer de l'ORSTOM.

Pour ces équipements les questions actuelles portent sur la mise au point du sondeur multi-faisceaux du Marion Dufresne, fourni par un grand constructeur national d'équipements électroniques et électro-techniques. Des enregistrements récents transmis par l'IFRTP au CNER sont prometteurs quant au bon fonctionnement de cet équipement. D'autres interrogations concernent l'avenir de la sismique multi-traces.

Le matériel océanographique

Les matériels océanographiques de prélèvement et de mesure sont soit opérés à partir des navires, soit utilisés de façon autonome. Des développements récents ont été analysés dans le chapitre consacré aux technologies marines, pages 128 et sq. (flotteur subsurface MARVOR, bouées MAREL, CARIOCA, véhicule de subsurface YOYO, analyseur *in situ* de sels nutritifs, perspectives des observatoires de fond de mer). Constituant des réseaux autonomes de mesure ces équipements sont ou seront capables de transmettre des informations en temps réel ou peu différé par voie satellitaire. Les télécommunications par satellite sont maintenant généralisées sur les unités hauturières, y compris pour l'échange de données à 64 000 bauds/s et la messagerie électronique. Pour l'avenir ces mêmes possibilités seront offertes aux navires de plus petite taille, en se contentant éventuellement des faibles débits du « standard C ». Les britanniques semblent avoir une certaine avance pour l'utilisation en temps quasi-réel de données acquises par des satellites d'observation de la terre, après traitement intermédiaire dans un centre à terre et retransmission à bord par INMARSAT A ou B.

Il convient d'ajouter que les engins autonomes de mesure en mer posent des problèmes similaires à ceux des submersibles habités ou téléopérés : stockage d'énergie, résistance à l'immersion, miniaturisation des capteurs, voire portée pour les engins dérivants. Actuellement mis à l'eau par des navires océanographiques, ils pourraient à l'avenir être envisagé de le faire par des navires de servitude moins coûteux et multi-fonctions.

Les études en acoustique sous-marine, relevant traditionnellement du domaine militaire, et menées conjointement par l'IFREMER, le SHOM et l'ORSTOM, servent à la recherche halieutique comme à l'océanographie. Il s'agit en particulier de la mise au point de logiciels de traitement du signal des sonars et des logiciels de traitement de données brutes recueillies par les sondeurs multifaisceaux et les sonars latéraux remorqués, utilisés en bathymétrie.

Personnel impliqué dans le développement et la mise en œuvre de la flotte et des équipements de recherche

Le développement des instruments et plus largement celui des plates-formes à la mer suppose un travail concerté entre scientifiques, responsables de la définition des objectifs attendus pour ces matériels, et ingénieurs chargés de la conception et de la mise au point des prototypes. Seul l'IFREMER dispose des équipes nécessaires pour ce faire au sein de sa direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI). À cet effet, l'Institut a constitué un comité interne d'interface entre celle-ci et ses laboratoires propres.

Sur les 250 agents de cette direction, on peut estimer que 135 travaillent pour la flotte et les équipements :

- 50 pour les navires et engins ;
- 20 pour l'informatique embarquée et la transmission des données ;
- 50 pour l'instrumentation ;
- 10 pour des interventions d'entretien ou de modernisation de faible ampleur des navires ;
- 5 pour la gestion patrimoniale des moyens à la mer.

Si l'on y ajoute les 110 ingénieurs et techniciens « *sédentaires embarqués* » du groupement d'intérêt économique GENAVIR, chargés de l'entretien des outils et de leur mise en œuvre pendant les campagnes à la mer, ce sont 245 personnes qui travaillent en permanence à mettre en œuvre, entretenir et moderniser la flotte et les outils océanographiques, et à concevoir les navires et matériels du futur.

Ce chiffre est à rapprocher des six ingénieurs et techniciens de l'IFRTP, des cinq ingénieurs et techniciens de l'ORSTOM et de la dizaine d'agents de la division technique de l'INSU.

Le CNER estime que le potentiel de compétences indispensable constitué par ces 135 agents de l'IFREMER qui apportent aussi leur concours au développement des techniques de pêche et marginalement aux sociétés de service pétrolières, doit être valorisé pour l'ensemble des flottes publiques.

Modes de gestion et coûts d'exploitation, de maintenance et de développement des flottes et des équipements

Gestion par l'IFREMER et le GIE GENAVIR

La flotte de l'IFREMER flotte hauturière de recherche et flotte de façade est gérée par un groupement d'intérêt économique, le GIE GENAVIR, chargé également de la mise en œuvre des submersibles et des outils lourds. Les actionnaires du GIE sont l'IFREMER (56 %), le CNRS (17 %), l'ORSTOM (17 %) et deux armateurs privés, la CGM et SURF (5 % chacun). Le GIE GENAVIR est une filiale de l'IFREMER et ses moyens financiers proviennent exclusivement de l'IFREMER sous la forme d'un contrat annuel correspondant à un budget de l'ordre de 150 MF.

Le personnel de GENAVIR se compose de :

- 213 inscrits maritimes, dont 15 n'embarquent plus, soit un potentiel navigant de 198 personnes (83 officiers, dont 13 officiers électroniciens, et 115 marins), régis par des conventions particulières d'entreprise. Compte tenu de causes diverses d'indisponibilité (congés de récupération, maladies, etc.) le personnel inscrit maritime de GENAVIR susceptible d'embarquer compte actuellement 176 personnes. Cet effectif fixe, qui permet d'assurer 114 postes embarqués en permanence, est complété en tant que de besoin par des personnels recrutés sur contrats à durée déterminée (15 à 20 équivalents plein temps par an) ;
- 130 personnes sédentaires (non inscrits maritimes), dont 110 ingénieurs et techniciens, régies par la convention collective nationale du personnel sédentaire des entreprises de navigation libre ; environ 80 d'entre eux sont susceptibles d'embarquer pour la mise en œuvre à la mer et la maintenance des moyens lourds (submersibles, sondeurs, sismique,...).

Un tel dispositif permet à GENAVIR d'armer en permanence au moins trois navires hauturiers sur quatre.

Gestion par l'IFRTP

La mise en œuvre du Marion Dufresne, propriété du GIE du même nom (99,98 % TAAF et 0,02 % Compagnie générale maritime – CGM), fait l'objet d'une convention d'affrètement entre les TAAF (affréteur) et la CGM (armateur). Cette convention, signée pour 20 ans en mars 1993, fait obligation à la CGM de fournir l'équipage nécessaire à la conduite du navire (19 à 27 personnes selon les missions) qui est recruté parmi les 290 marins de la CGM, et donc de remplacer le personnel indisponible ou inadapté. Le service rendu est de qualité et la récente privatisation de la CGM n'a pas eu jusqu'ici d'incidence ; la société CMA, nouveau propriétaire, s'est engagée à poursuivre la coopération et a repris la convention. Du personnel supplémentaire malgache (22 personnes) est embarqué pour l'entretien du navire et les déchargements dans les îles sub-antarctiques.

Par convention avec l'IFRTP, l'affrèteur (les TAAF) met le navire à disposition de cet institut pendant 135 jours par an pour des campagnes océanographiques. Si la mise en œuvre des appareils de pont est de la responsabilité de l'armateur, la mise au point et la mise en œuvre des équipements scientifiques, y compris l'informatique, reviennent à l'IFRTP (et aux équipes scientifiques embarquées) lors des campagnes océanographiques. Quelles que soient ses qualités techniques et son dévouement, le personnel de l'IFRTP qui se consacre à ces tâches (6 personnes) n'est pas en nombre suffisant pour les assurer de manière optimale.

Gestion par l'INSU

L'INSU agit comme un armateur à la grande pêche et emploie 57 marins inscrits maritimes, recrutés sur contrat de travail à durée déterminée spécifique à l'INSU. La planification des rotations de ces personnels (qui ne sont pas attachés à un navire particulier) entre les 6 navires de l'INSU est assurée par l'antenne de la division technique de l'INSU à La Seyne-sur-Mer. Ce système rend les services attendus par les utilisateurs des navires de l'INSU. Le nombre des marins n'est ni un facteur limitant pour les campagnes à la mer ni un effectif pléthorique.

Pour les tests d'instruments, la mise en œuvre d'équipements nouveaux, la gestion du parc national d'instrumentation océanographique et l'assistance technique aux équipes embarquées sur les navires, la division technique de l'INSU a un potentiel d'environ 5 hommes/an. Ce potentiel paraît globalement en deçà des besoins.

Gestion par l'ORSTOM

L'ORSTOM agit comme un armateur à la grande pêche. Il emploie 16 officiers (14 embarquants) et 1 marin inscrits maritimes. Ces 15 personnes sont expatriées et affectées à un navire spécifique : 5 à Nouméa (état-major de *l'Alis*), 5 à Abidjan (état-major de *l'Antea* auquel s'ajoute un marin à terre) et 4 à Dakar (état-major du *Louis Sauter*, navire côtier de recherche du Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye – CRODT). Les personnels d'exécution des deux navires de façade (*Alis* et *Antea*) et de la vedette côtière de Nouméa sont recrutés localement : 10 personnes en Nouvelle-Calédonie dans le cadre de l'accord d'établissement applicable au personnel navigant inscrit sur le rôle collectif du Centre ORSTOM de Nouméa (personnel complété en tant que de besoin par des personnels sur contrat à durée déterminée, soit 2 hommes/an en 1996) ; 9 personnes à Abidjan recrutées et gérées par une société de gérance maritime et de consignation.

Si l'affectation des personnels à un navire spécifique offre des avantages indéniables pour la qualité du service, ce système pose notamment deux problèmes :
– l'affectation de quatre officiers au Sénégal n'apparaît absolument pas justifiée compte tenu du très faible taux d'utilisation du navire de recherche du CRODT (33 jours de mer par an en moyenne entre 1994 et 1996) ; le CNER constate avec satisfaction qu'il a été mis fin à une situation similaire en Mauritanie où deux (jusqu'en 1996) puis un officier (jusqu'en fin 1997) de l'ORSTOM étaient affectés sur le *N'diogo*, navire de

recherche du Centre national de recherche océanographique et des pêches (CNROP) de Nouadhibou. Il engage l'ORSTOM à en faire de même au Sénégal, un appui au CRODT pouvant être maintenu à travers des rotations temporaires ;

– l'organisme lui-même reconnaît que le régime d'affectation des officiers ne permet pas, dans le cas de l'**Antea**, une exploitation optimale du navire. Un système de rotations depuis la France serait nettement mieux adapté. La coexistence de plusieurs statuts pour les officiers de l'ORSTOM n'étant pas raisonnablement envisageable, il faudrait appliquer également ce régime de rotations à l'Alis. Le personnel existant (dont l'état-major actuel du Louis Sauter) paraît suffisant pour que cette réorganisation se fasse sans recrutements ; elle devrait permettre également de diminuer les coûts.

Pour le suivi technique, électronique et informatique des équipements de bord de ses deux navires, l'ORSTOM met en œuvre l'équivalent de trois hommes/an. Ce potentiel paraît globalement en deçà des besoins.

Les coûts d'exploitation, de maintenance et de développement de la flotte et des outils

La situation disparate dans la gestion des personnels navigants ne soulève pas de difficultés majeures et il n'apparaît pas de distorsions notables sur les coûts d'exploitation des flottes du fait des règles d'emploi communes de l'inscription maritime.

Les budgets consacrés à la mise en œuvre, à la maintenance et au développement de la flotte et des divers équipements associés dont les engins de pénétration sous-marine, hors investissements pour les nouveaux navires, sont évalués dans le tableau 7 du rapport principal d'évaluation (page 43). On remarquera que ce budget consolidé représente environ le cinquième du budget consolidé de la recherche océanographique civile nationale.

Les flottes européennes et la coopération internationale

Les deux principaux pays européens effectuant des recherches océanographiques sont le Royaume-Uni et l'Allemagne.

Potentiel des flottes allemande et britannique

Le **Royaume-Uni** dispose de quatre navires hauturiers : deux navires anciens *le Discovery* et *le Challenger*, et un plus moderne, *le Darwin* ces trois navires sont gérés par le *Natural Environment Research Council* (NERC) et un navire polaire brise-glace

moderne (1991), le *James Clark Ross*, géré par le British Antarctic Survey (BAS). D'après les informations recueillies auprès du « *Research Vessels Service* » du NERC, leur mode de programmation est voisin du nôtre, mais dans l'ensemble ces bâtiments naviguent notablement moins que les navires français. Le Royaume-Uni dispose en outre de cinq navires halieutiques gérés par les ministères chargés des pêches en Angleterre, Écosse et Ulster.

Royaume-Uni

Nom	Longueur (m)	Déplacement en charge (tonnes)	Année de construction	Nombre de scientifiques embarqués	Autonomie (jours)	Organisme gestionnaire	Observations
James Clark Ross	99	?	1991	24	57	British Antarctic Survey	brise-glacé
Discovery	90	3 008	1963 refondu en 1990	28	45	Natural Environment Research Council	
Challenger	54	1 050	1973 refondu en 1986	14	32	NERC	
Darwin	69	1 936	1982	18	35	NERC	
Corystes	51	?	1988	6/8	42	Ministry of Agriculture and fisheries (MAF)	halieutique
Cirolana	72	?	1970	10/16	42	MAF	halieutique
Scotia	69	?	1971	14	42	MAF	halieutique
Clupea	32	?	1968	6	12	MAF	halieutique
Long Foyle	43	?	1974 refondu en 1982	8	14	MAF	halieutique

L'Allemagne dispose de 13 navires de plus de 50 mètres, dont un brise-glacé de 118 mètres, le *Polarstern* et deux navires de près de 100 mètres, le *Sonne* et le *Meteor*. La gestion et la programmation de ces navires n'est pas encore unifiée en raison de financements provenant aussi des Länder mais une réflexion dans ce sens est en cours.

Allemagne

Nom	Longueur (m)	Déplacement en charge (tonnes)	Année de construction	Nombre de scientifiques embarqués	Équipage	vitesse de transit (nœuds)	Autonomie (jours)	Observations
Polarstern	118	17 300	1982	40-50	39-43	12,0	?	brise-glace
Sonne	98	4 730	1969 refondu en 77 et 91	25	30	12,5	50	navire polyvalent pour géosciences
Meteor	98	4 860	1986	30	33	12,0	45	navire polyvalent pour halieutique et géosciences
Valdivia	74	2 115	1961 refondu en 1970, 1975 et 1982	16	20	11,5	30	navire polyvalent pour géosciences
Alkor	55	1 460	1990	12	11	12,5	25	navire polyvalent pour halieutique et géosciences
Heincke	55	1 460	1990	12	11	12,5	25	idem
Poseidon	61	1 510	1976	12	18	12,5	25	idem
V. Hensen	39	555	1975	12	11	12,3	11	idem
A.V. Humboldt	64	BRZ 1249 NRZ 374	1967 refondu en 1978	15	16	12,0	50	idem
Altair	51	1 000	1987	7	16	11,0	14	surveillance
Komet	67	1 595	1969	6	31	14,0	14	surveillance
Gauss	69	1 964	1980	12	19	13,0	30	surveillance
Wega	52	1 000	1990	7	16	11,0	14	surveillance
Deneb	52	1 000	1994	7	16	11,0	14	surveillance

La complémentarité avec la flotte française apparaît en faisant ressortir les points forts de chacun :

- navires polaires brise-glace britannique et allemand ;
- sous-marins et grand carottier français.

Résultats de l'accord tripartite de 1996 – échanges de « temps-navire »

La coopération entre la France et ses deux partenaires européens s'est manifestée jusqu'à ce jour par des échanges ponctuels résultant de l'accord-cadre tripartite signé le 12 février 1996 entre les trois pays représentés respectivement par le National Environment Research Council (NERC) britannique, le Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie allemand et l'IFREMER français. Permettant les embarquements d'équipes de recherche sur des navires disponibles, correctement positionnés, cet accord est fondé sur le principe des échanges de temps-bateau équivalents. Il convient de constater que de tels échanges permettent de saisir des opportunités mais ne constituent pas l'amorce effective d'une gestion commune des diverses flottes.

On trouvera dans le tableau ci-dessous le bilan des échanges de temps-navire entre la France et l'Allemagne. Ces bilans sont réalisés sur la base d'une définition de jours équivalents (ainsi, 1 journée du *Poseidon* allemand équivaut à 1 journée du *Suroît* ou 3 journées de *Thalia* ; 1 journée de l'*Atalante* équivaut à 1 journée du *Nadir* avec le *Nautille* à bord ou à 2 journées du *Suroît*).

Échange de temps-navire avec l'Allemagne 1994-1997

France => Allemagne	Allemagne => France
Le Suroît, campagne Thetis 11/10/94-4/11/94, Dr U. Send (Univ. Kiel), 25 j Thalia, camp. Bryomol 23/10/95-30/10/95, Pr P. Schafer (Univ. Kiel), 8 j Le Suroît, camp. F.U. Berlin 12/9/96-28/9/96, Pr P. Halbach (Univ. Kiel), 17 j Thalia, camp. Century Flood 6/3/97-16/3/97, Pr H. Zankl (Univ. Marburg), 11 j	Poseidon, camp. Biomet, 1/5/95-25/5/95, Dr B. Boutier (IFREMER DEL), 26 j

On notera selon ce tableau que l'Allemagne est actuellement redevable à la France de 17 j sur le *Suroît* (équivalent 17 j *Poseidon*) et 19 j sur *Thalia* (équivalent 6 j *Poseidon*). De son côté, le Royaume-Uni est actuellement redevable à la France de 3 j de *Challenger* (équivalent du *Suroît*). Ce système présente l'intérêt de ne pas faire intervenir de transferts de fonds entre les partenaires.

Ainsi globalement le bilan de ces échanges en faveur de la France est de 61 jours avec l'Allemagne et de 3 jours avec le Royaume-Uni.

Les corrélations existant entre l'utilisation de la flotte et les résultats obtenus par les équipes scientifiques embarquées n'ont pu faire l'objet d'une étude comparative entre pays européens partenaires, notamment l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni. On peut cependant estimer que les différences existant entre ces trois États membres de l'Union européenne ne devraient pas être très contrastées dans deux domaines d'activité au moins : la climatologie en raison du degré d'intégration des

recherches menées au niveau national dans les programmes scientifiques internationaux ; l'halieutique, soumise aux obligations résultant de la politique européenne commune des pêches.

On doit par ailleurs constater que les échanges de temps navire sont sensiblement plus importants avec **les États-Unis** (94 j de l'*Atalante* dans le sens États-Unis vers France et 59 jours d'équivalent *Atalante* dans le sens France vers États-Unis, la France étant actuellement redevable aux États-Unis de 35 j d'*Atalante*. Il en est de même avec **l'Australie** dans le cadre d'un accord bilatéral efficace.

On ne peut que souhaiter le développement des échanges de temps navire avec des pays européens, selon une procédure proposée a priori aux équipes scientifiques, et non comme un mécanisme de sauvegarde fonctionnant a posteriori et de façon ponctuelle.

Autres mécanismes européens d'échanges

Il faut également mentionner deux autres mécanismes permettant l'utilisation par un autre pays de navires français. Le premier concerne le catamaran *L'Europe* de l'IFREMER, construit avec un cofinancement de la DG XIV (Pêche). En contrepartie de ce cofinancement, une durée de deux mois par an est réservée à l'ICRAM (*Instituto centrale per la Ricerca Applicata al Mare*) italien. Le second cas concerne la *Thalassa*, construite avec une contribution de l'Espagne prélevée sur les fonds structurels dont bénéficie ce pays, lui garantissant une utilisation de deux mois par an pour des campagnes de recherche halieutique.

Modes de gestion et de programmation des flottes chez nos principaux partenaires

Les **modes de gestion** des flottes océanographiques chez nos principaux partenaires ne sont pas très différents des nôtres et présentent les mêmes particularités en fonction des organismes qui les mettent en œuvre.

Ainsi, les trois flottes britanniques sont gérées en direct par les organismes chargé de les contrôler ; la totalité des personnels est d'origine nationale :

- le *Natural Environment Research Council* (NERC), et plus précisément ses « Research vessel services » (analogue à la direction des moyens et des opérations navals de l'IFREMER), assurent la gestion directe du *Discovery*, du *Darwin* et du *Challenger* ;
- le *British Antarctic Survey* (BAS) gère le brise-glace *James Clark Ross* ;
- le ministère de l'agriculture et de la pêche ainsi que son homologue écossais gèrent les navires halieutiques ; c'est là que réside la principale différence avec le dispositif français.

Le système de répartition des coûts (NERC et BAS) d'utilisation de la flotte diffère de celui adopté en France : la flotte reçoit directement 50 % environ des fonds nécessaires à son fonctionnement, le restant étant fourni par les équipes participant aux

campagnes, ce qui a l'avantage de porter à la connaissance des chercheurs la dépense réelle occasionnée par leurs campagnes.

Les flottes allemandes dépendent du ministère fédéral de la recherche (*Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie*) et sont suivies soit en direct, en particulier par les universités de Kiel et de Hambourg, soit par des armateurs privés comme la flottille du *Reedereigenschaft Forschungsschifffahrt (RF)* de Brême.

La programmation des flottes britanniques et allemandes repose globalement sur les mêmes méthodes que celles en vigueur en France :

- des commissions scientifiques évaluent et classent entre elles les campagnes demandées ;
- les activités à la mer sont réparties en fonction de ce classement et des disponibilités des navires dans le temps et dans l'espace.

Il apparaît que l'activité des navires britanniques semble plus réduite que celle de la plupart des navires français. À titre d'exemple, le programme des navires océanographiques relevant du NERC, tel qu'il est envisagé pour l'année 1998, est le suivant :

Navires	Total des jours de mer programmés	Dont jours de transit	Jours d'arrêt technique
Discovery	174	11	22
Darwin	113	8	39
Challenger	41	4	42

La coopération internationale des gestionnaires de navires scientifiques est informelle, mais réelle. Elle s'exerce régulièrement au cours de rencontres internationales, la dernière en date ayant eu lieu à Southampton en octobre 1996. Ce genre de rencontres est très certainement favorable à la connaissance mutuelle des spécialistes des différents pays et permet aux gestionnaires de flottes de conseiller les demandeurs de campagnes sur d'éventuels embarquements à bord de navires étrangers, avec ou sans échange formel de « temps-bateau ».

La programmation et l'utilisation des navires

Historique

De 1967, date de la création du Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO), jusqu'à la fin des années 1970, la programmation de la flotte hauturière océanographique a été le fait de la direction de la flotte du CNEXO. La *Thalassa*, gérée par l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM), et le *Marion Dufresne*, géré par les TAAF, échappèrent à la nouvelle répartition. Cette situation suscitait périodiquement de la part de la communauté des chercheurs du CNRS et des

universités de vives réactions, en partie justifiées par l'importance des campagnes hauturières entreprises par les équipes propres de recherche du CNEXO, tendant notamment à distinguer la gérance de la gestion de la flotte, la gérance demeurant sous la responsabilité du CNEXO et la gestion étant confiée au CNRS. Il était essentiellement reproché au CNEXO d'être juge et partie.

S'agissant des petits navires des laboratoires marins universitaires, le CNEXO avait estimé à juste titre que leurs dimensions et leur coût d'exploitation ne justifiaient pas une gestion centralisée. La limite des 25 mètres de longueur des embarcations était admise d'un commun accord entre le CNEXO, le CNRS et les universités comme le seuil permettant de distinguer la flotte nationale à gestion centralisée et la flottille relevant des laboratoires côtiers et gérée localement par ces laboratoires.

Devant la persistance des oppositions de la communauté « académique », le Gouvernement prit la décision de modifier l'organisation interne du CNEXO. Entre 1976 et 1978, le CNEXO s'est vu doté de deux directions générales adjointes, l'une pour les opérations propres de l'établissement, l'autre pour la coordination. Cette organisation bicéphale dans l'esprit des responsables politiques devait permettre d'effacer l'objection de fond selon laquelle le CNEXO était de fait juge et partie. Il n'en a rien été, et le développement rapide de tensions entre les deux directions générales adjointes conduisit à l'adoption fin 1978 d'une organisation nouvelle réunissant les fonctions de programmation et de coordination. C'est dans ce contexte, avec la préparation du tour du monde du N.O. *Jean Charcot*, que le CNEXO a pour la première fois admis de confier à des commissions d'évaluation essentiellement composées de scientifiques extérieurs à l'établissement l'analyse des demandes de campagnes, quelle que soit l'appartenance institutionnelle du demandeur.

La réussite unanimement reconnue de la préparation du tour du monde du N.O. *Jean Charcot* a contribué à la mise en place dans le cadre du Comité scientifique de l'organisme créé dès 1983, d'une procédure d'évaluation et de programmation. Cette procédure faisait intervenir successivement des commissions thématiques, une commission « Flotte » chargée de la programmation proprement dite, et enfin le Comité scientifique qui arrêtaient en final les propositions transmises au Président-Directeur général de l'établissement. Sous réserve d'une série d'améliorations de détail, cette procédure reste d'actualité. Au début des années 1980, l'IFREMER décidait de compléter cette procédure par l'élaboration de bilans pluriannuels fondés sur une analyse publimétrique dont le CNER n'a pu tirer profit pour la présente évaluation sur la période 1994-1997 en raison du décalage temporel de deux années au moins existant entre les campagnes analysées et la réalisation du bilan.

Pour ce qui concerne la flotte de façade du CNRS, la création en 1982 du programme interdisciplinaire de recherche en océanographie conduit à l'établissement de trois structures souples d'évaluation, d'interclassement et de programmation des demandes de campagnes à la mer, les comités inter-régionaux Manche-Mer du Nord, Golfe de Gascogne et Méditerranée (CIRMANOR, CIRGAS et CIRMED). En 1989, CIRGAS et CIRMANOR ont fusionné et donné naissance au CIR Manche Atlantique, ou CIRMAT.

En 1984-1985, suite à la création de l'Institut national des sciences de l'univers (INSU) la distinction entre navires de façade et embarcations de stations, laboratoires et centres, ces dernières étant gérées sur place, s'est affirmée. Les CIR ont adopté une procédure d'évaluation et de programmation qui s'inspire de celle de la flotte hauturière.

En 1992, suite à l'évaluation de l'IFREMER et de l'INSU par le Comité national d'évaluation de la recherche, le Comité consultatif des programmes de recherche et de technologie marines (CCPRTM) décidait l'élargissement du mandat des deux CIR aux navires côtiers de l'IFREMER.

Pour sa part, la mission scientifique des TAAF (jusqu'en 1992, date de création de l'IFRTP) a été amenée à se rapprocher de la procédure d'évaluation et de programmation de l'IFREMER, pour permettre notamment l'utilisation d'équipements lourds d'intérêt commun, propriété de l'IFREMER (comme la sismique multitraces ou le sonar autonome remorqué à bord du Marion Dufresne I), et surtout à partir du moment où les mêmes équipes de l'INSU pouvaient, au cours d'une année, déposer deux demandes différentes auprès de l'IFREMER et de la mission scientifique des TAAF. Des considérations logistiques (frais de déplacements de scientifiques) ont conduit l'INSU à une position identique. Ce constat, et le souhait de rompre la relation de nature « client-liste » qui s'était établie avec les années entre la mission scientifique des TAAF et un petit nombre de laboratoires, ont conduit à imaginer une procédure mixte. Dès 1989, le Conseil scientifique des TAAF approuvait un dispositif d'évaluation faisant intervenir les commissions thématiques du Comité scientifique de l'IFREMER (pour l'évaluation de la qualité scientifique et de la faisabilité des projets), le Conseil scientifique statuant en final. À la suite de la création de l'IFRTP, cette procédure est effectivement entrée en service.

De son côté l'ORSTOM a fait construire pour ses propres besoins au cours des vingt dernières années plusieurs navires, dont deux dépassent 25 mètres de longueur (l'*Alis* de 28 mètres de longueur lancé en 1986 et l'*Antea* de 35 mètres de longueur lancé en 1996). Pour des raisons d'ordre géographique, l'*Alis* a été géré par l'ORSTOM. Avec l'entrée en service de l'*Antea*, l'ORSTOM a estimé nécessaire de faire évaluer les projets de campagnes de ses équipes dans le cadre national, et a récemment engagé avec l'IFREMER une négociation en ce sens.

Programmation et utilisation de la flotte hauturière

Modes d'évaluation et de programmation des campagnes

La procédure d'évaluation et de classement des demandes de campagnes à la mer à bord des navires de la flotte hauturière gérée par l'IFREMER a été déléguée par l'établissement, en accord avec les autres organismes partenaires et utilisateurs de la flotte, à son Comité scientifique, à sa commission « Flotte et Submersibles » et à ses commissions thématiques.

Les quatre **commissions thématiques** (océanographie physique, chimique et biologique ou OPCB, géosciences, chimie, biologie et biotechnologie des organismes

marins exploités, écologie des ressources et environnement côtier ou ECOREC) sont conçues comme des commissions nationales mises en place par l'IFREMER. Les membres de ces commissions (dont les 4 présidents, choisis parmi les membres du Comité scientifique de l'IFREMER), sont nommés par le président-directeur général de l'Institut. Les organismes (INSU/CNRS, IFRT, ORSTOM) ont un représentant de droit au sein de chacune de ces commissions thématiques.

La **commission « flotte et submersibles »** est une commission transversale. Son président (choisi parmi les membres du Comité scientifique de l'IFREMER) et ses membres sont nommés par le président-directeur général de l'IFREMER. En font partie les présidents des quatre commissions thématiques et un second représentant pour chacune de ces quatre commissions, des représentants de l'IFREMER et un représentant institutionnel des autres organismes (INSU/CNRS, IFRT, SHOM, ORSTOM). Depuis quelques années, la proposition de programmation à transmettre au Comité scientifique est acquise à l'unanimité.

La **direction des moyens et des opérations navals (DMON)** de l'établissement a en charge l'élaboration des calendriers annuels d'activité des navires et le chiffrage budgétaire correspondant.

1 – Pour les campagnes de l'année n , la procédure débute en octobre de l'année $n-2$, par la diffusion aux responsables des laboratoires d'une lettre d'appel d'offres accompagnée d'un dossier de demandes de moyens à la mer pour l'année n , avec une fiche d'intention pour l'année $n+1$. Les laboratoires disposent de trois mois pour faire parvenir leurs dossiers de demande qui, après enregistrement par l'IFREMER, sont transmis aux bureaux des commissions thématiques du Comité scientifique.

2 – Les commissions choisissent pour chaque dossier trois experts, dont le premier doit être membre de la commission concernée, le second, membre d'une équipe française extérieure au projet et non concurrente, le troisième appartenant à une équipe étrangère. Le premier expert fait la synthèse des trois avis exprimés et rapporte devant sa commission thématique.

3 – Les dossiers de demandes de campagnes sont ensuite examinés au sein de la commission thématique compétente, entre février et mai de l'année $n-1$. Après exposé des conclusions du rapporteur, un classement est proposé à chaque demande (à retenir en priorité, à retenir sans priorité, à ne pas programmer) et soumis au vote de la commission. Les votes sont comptabilisés. La commission thématique conclut l'examen des dossiers en effectuant un classement hiérarchique de l'ensemble, acquis par vote.

4 – L'ensemble des dossiers est transmis à la DMON de l'IFREMER. En tenant compte des classements scientifiques des commissions, de la disponibilité des moyens et des navires, des impératifs techniques et logistiques, des impératifs de date exprimés par les chefs de projet, la DMON établit plusieurs options et en chiffre le coût de façon à présenter des projets compatibles avec le budget de la flotte.

5 – Le travail de la DMON est alors soumis à la commission « Flotte et Submersibles » en mai de l'année $n-1$. Cette commission prend notamment en considération dans son travail plusieurs contraintes : (1) un équilibre entre disciplines, laboratoires et organismes, (2) une prise en compte de la capacité des laboratoires, (3) le réalisme des projets présentés en termes budgétaires, (4) l'obligation de soumettre à

l'examen des commissions thématiques au cours de l'année n les campagnes programmées à la fin de l'année $n-1$ et qui n'auraient pas pu être réalisées pendant l'année n , quel qu'en soit le motif (problème budgétaire, avarie, grève,...). La commission « Flotte et Submersibles » adopte finalement l'un des projets, après d'éventuels aménagements, pour le présenter au Comité scientifique.

6 – Le Comité scientifique, réuni en juin de $n-1$, arrête un projet définitif, et le transmet au président-directeur général de l'IFREMER. Ce dernier, lorsqu'il a connaissance du budget pour l'année n , rend public le calendrier définitif, auquel viennent s'ajouter des campagnes technologiques pour essais et mises au point d'équipements nouveaux examinés par la commission flotte ainsi que des transits valorisés.

7 – Les demandeurs de campagnes sont avertis dès juin de l'année $n-1$ des décisions du Comité scientifique ; les rapports anonymes et les avis synthétiques des commissions thématiques leurs sont communiqués.

8 – Depuis les travaux préparatoires à l'adoption de la 3^e convention des Nations Unies sur le droit de la mer, l'accès d'un navire de recherche dans la zone économique exclusive d'un autre État doit faire l'objet d'une demande d'autorisation par la voie diplomatique, présentée six mois au moins avant la date de début de la campagne. Dans le cadre du décret de création de l'établissement, l'IFREMER assure le suivi de ces demandes auprès du ministère des Affaires étrangères, tant en ce qui concerne les campagnes à bord des navires hauturiers que de celles réalisées sur des navires côtiers.

Pression des demandes

La « pression » (nombre de demandes de campagnes par rapport au nombre de campagnes effectivement programmées) est actuellement de 2.

La pression a baissé ces dernières années en particulier dans le domaine des géosciences, pour plusieurs raisons : pré-positionnement géographique de certains navires annoncé plus d'un an à l'avance (notamment pour l'*Atalante* et le *Nautile*), meilleure prise en compte dans les avis des commissions thématiques des suites et notamment des publications issues des précédentes campagnes.

Les demandes de campagne sur le *Marion Dufresne* sont en principe examinées depuis 1993 par les commissions thématiques au même titre que les campagnes demandées sur des navires de la flotte hauturière gérée par l'IFREMER (certaines campagnes sont d'ailleurs demandées indifféremment sur l'*Atalante* ou le *Marion Dufresne*). Ces demandes sont également classées par la commission « Flotte et Submersibles », mais la décision de programmation revient au directeur de l'IFRTP après avis du Comité scientifique de l'IFRTP.

L'évaluation des demandes de campagnes sur les navires de façade de l'ORSTOM et leur programmation sont menées actuellement de manière totalement autonome par l'ORSTOM. L'établissement s'est engagé récemment (juin 1997) à faire examiner à partir de 1998 les demandes de campagne hauturière par les commissions thématiques. Cette démarche est d'autant plus justifiée que de nombreuses campagnes hauturières réalisées sur l'*Antea* font partie de programmes nationaux (PNEDC, PNDR).

Avis sur la procédure d'évaluation des demandes de campagne

Globalement, la procédure d'évaluation fonctionne de manière objective, exception faite des distorsions, peu nombreuses il est vrai, introduites dans le cas du *Marion Dufresne*. L'évolution constatée à l'ORSTOM est positive, encore faudrait-il tirer immédiatement partie des enseignements précédents, et faire en sorte (1) que les classements des campagnes ne soient pas remis en cause au stade de la programmation annuelle pour des raisons propres à l'établissement propriétaire du navire ; (2) que des équipes n'appartenant pas à l'ORSTOM puissent avoir accès à son navire.

On note cependant la nécessité que les commissions veillent à prendre en compte de façon prioritaire les campagnes dont le principe et les objectifs auraient été retenus par les programmes nationaux et européens.

Campagnes réalisées dans le cadre de projets communautaires

Un point important concerne les campagnes réalisées dans le cadre de projets de recherche communautaires. Différentes contraintes doivent être prises en compte. Le demandeur du projet communautaire (durée moyenne de deux ans et demi) et de (s) campagnes à la mer correspondantes est confronté aux calendriers asynchrones des deux procédures d'évaluation (procédure nationale pour les demandes de campagnes, procédure communautaire pour l'ensemble du projet). Deux situations extrêmes peuvent se produire et se sont déjà produites : le projet communautaire est approuvé, alors que la demande de campagne est rejetée par la procédure nationale ; inversement, la demande de campagne est retenue, alors que le projet communautaire n'est pas retenu par la Commission européenne. La situation est rendue plus complexe par une disposition figurant dans le programme spécifique Science et technologie marines III (MAST III) : il s'agit d'une contribution financière de la Commission au fonctionnement des navires, pouvant atteindre 5 % du montant total du programme MAST III. Jusqu'à présent, on ne semble pas être parvenu à résoudre ce problème. Par comparaison avec le système qui prévaut au Royaume-Uni, l'une des raisons de cette difficulté est liée à la gratuité pour le demandeur du temps navire sollicité. Au Royaume-Uni, ce n'est pas le cas, et l'existence même d'une contribution financière provenant de la Commission européenne garantit en quelque sorte au demandeur du projet concerné une réelle priorité.

Taux d'utilisation des navires hauturiers

Les taux d'utilisation des navires hauturiers ont été donnés dans le rapport principal.

On constate sur la période 1994-1997 la nette progression du taux d'armement de **la flotte hauturière gérée par l'IFREMER**. Ainsi pour l'année 1997, ce taux atteint 85 % de l'armement à temps plein des quatre navires, se situant à 1000 jours/an pour ce qui concerne les activités en mer relatives à la recherche et aux développements technologiques, transits et escales compris.

En revanche l'utilisation actuelle du *Marion Dufresne II*, qui relève des dispositions du contrat passé entre les TAAF et l'IFRTP, ne réserve à la recherche océanographique que 135 jours de mer/an, son utilisation restante étant consacrée à la desserte des TAAF. Il est légitime de s'interroger sur la nécessité d'utiliser à un taux de 4 à 5 rotations annuelles un navire de la classe du Marion Dufresne pour effectuer cette desserte. Il s'avère par ailleurs que le Marion Dufresne, dans le temps consacré à la recherche, est largement sous-utilisé compte tenu de ses performances techniques exceptionnelles et de son potentiel d'accueil à bord d'équipes pluridisciplinaires (géosciences, océanographie physique, chimique et biologique).

Programmation et utilisation des flottes côtières

Modes d'évaluation et de programmation des campagnes

La programmation des neuf unités des flottes côtières de l'INSU et de l'IFREMER gérée par les deux comités inter-régionaux (CIR) compte neuf unités. Six d'entre elles (*Côtes de la Manche*, entré en service au début de l'année 1997, en remplacement du *Côte de Normandie*, désarmé à cette date, *Côte d'Aquitaine*, *Sepia II*, *Antedon*, *Professeur Georges Petit* et *Téthys II*) sont gérés par l'INSU, et les trois autres (*L'Europe*, la *Thalia* et le *Gwen Drez*) par l'IFREMER auquel elles appartiennent. Le comité inter-régional Manche-Atlantique (CIRMAT) est responsable de l'activité de cinq navires, le comité inter-régional Méditerranée (CIRMED) des quatre autres navires. À côté de cette flotte côtière, les observatoires des sciences de l'univers et les stations marines gèrent en propre une douzaine d'embarcations qui ne dépassent pas 13 mètres de longueur.

La programmation des navires de l'INSU est essentiellement annuelle pour la grande majorité des campagnes, occasionnellement semestrielle pour celles qui n'ont pu être programmées un an à l'avance. Les appels d'offres sont diffusés en septembre et en avril auprès des responsables d'unités et de laboratoires. La programmation des navires de l'IFREMER est strictement annuelle. Les dossiers de demandes de campagne sont enregistrés par le bureau de chaque CIR (président, secrétaire, gestionnaires géographiques et responsables des parcs de matériels) qui désigne entre un à trois rapporteurs, selon la nature et l'importance de la demande. Les rapporteurs disposent de trois semaines environ pour établir leurs rapports. Les réunions des CIR ont lieu au cours de la seconde quinzaine de novembre de l'année $n-1$ pour l'examen des demandes de campagne pour le premier semestre, et si possible pour le second semestre, de l'année n , au cours de la seconde quinzaine de juin pour l'examen des demandes nouvelles pour le second semestre de l'année n . Les demandes de campagnes motivées par des événements imprévisibles (pollutions accidentelles, prolifération d'algues unicellulaires toxiques, etc.) doivent être satisfaites par la flottille des observatoires et des stations. Éventuellement, le bureau du CIR concerné peut traiter de telles demandes.

Au niveau de l'exécution, les chefs de missions doivent confirmer au moins 15 jours à l'avance les dates et ports d'embarquement et de débarquement, ainsi que le nombre de participants embarqués.

Un rapport scientifique est demandé tous les deux ans aux responsables des équipes utilisatrices, comportant notamment la liste des publications issues des campagnes. L'ensemble des rapports bisannuels est diffusé aux membres du CIR ainsi qu'aux directions de l'INSU et de l'IFREMER.

Tous les quatre ans, il est prévu depuis l'entrée de l'IFREMER dans le dispositif de tenir un colloque de bilan. Les deux premiers colloques de ce type viennent de se dérouler à la fin du printemps 1997, respectivement à Bordeaux (9-10 juin) et à Marseille (1-2 juillet). Ces deux colloques ont notamment permis de faire le point sur les activités de la flotte côtière.

Dans cette nouvelle procédure, les équipes scientifiques sollicitent en priorité l'utilisation des navires gérés par l'établissement dont elles dépendent et chacun des deux organismes conserve la responsabilité de la programmation et de la gestion de ses navires, étant entendu que des campagnes demandées par des équipes de l'INSU peuvent être réalisées sur des navires de façade de l'IFREMER, et réciproquement. C'est la procédure actuellement en vigueur. L'emploi du temps du N/O. *L'Europe*, dont la construction a fait l'objet en 1993 d'un cofinancement de la Commission européenne (DG XIV, Pêche), est réparti de la manière suivante : 6 mois réservés aux équipes de l'IFREMER, 2 mois pour le programme national d'océanographie côtière (PNOC), sans considération de l'appartenance des équipes demanderesses à tel ou tel établissement, 2 mois en régime d'affrètement pour le compte de l'INSU, enfin 2 mois pour l'Istituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare d'Italie (ICRAM).

La coordination avec les programmes est formalisée dans les demandes de campagne.

Les demandes de campagnes sur les deux navires de façade de l'ORSTOM (**Alis** et **Antea**) font l'objet d'une procédure d'évaluation et de programmation interne à cet organisme qui ne favorise pas l'accès aux navires d'équipes en provenance d'autres organismes. Elle ne va pas non plus dans le sens du rôle imparti à l'ORSTOM quant à la mobilisation de la communauté scientifique nationale autour des recherches menées en zone inter-tropicale.

Taux d'utilisation des navires de façade

Le tableau synthétique, donné dans le rapport principal, a été élaboré à partir des données contenues dans les bilans publiés à cette occasion par les responsables des deux CIR. On constate que, sur un total moyen de 1 800 jours/an consacrés par les 12 navires aux campagnes à la mer, les taux d'utilisation de ces flottes sont inférieurs à ceux des navires hauturiers.

Pour les navires de l'INSU, les taux d'utilisation croissent avec la taille des navires. Ceci correspond à un choix de l'armateur mais aussi aux qualités nautiques très différentes des navires et à des arrêts pour mauvais temps beaucoup plus nombreux pour les unités les plus petites. Cette limitation d'utilisation par le facteur climatique pose un véritable problème scientifique, dans la mesure où ces unités ne peuvent intervenir en mer, pour des raisons de sécurité et de quasi-impossibilité de travailler, à

l'occasion d'événements océano-météorologiques forts qui sont importants dans l'observation de certains processus.

Les stations marines du CNRS et des universités disposent d'une flottille d'une douzaine de petites unités qu'elles gèrent directement, en particulier pour les prélèvements à caractère biologique et l'enseignement.

Les navires de façade de l'INSU, mieux équipés que les unités de la flottille et pouvant accueillir des équipes plus nombreuses sur des périodes plus longues, doivent jouer aussi un rôle important pour la formation, notamment au niveau maîtrise et DEA.

À ce propos, les documents établis par les CIR à l'occasion des deux colloques de juin-juillet 1997 ne permettent pas d'évaluer la durée en heures à la mer de l'unité employée, c'est-à-dire le jour, en particulier dans le cas des activités d'enseignement. Cette observation fournit peut-être un début d'explication aux différences constatées, dans le cas du CIRMAT, dans les activités d'enseignement, évaluées à 75 jours par an en moyenne selon le rapport de J.C. DAUVIN et à 57 jours par an en moyenne selon le rapport de P. TREGUER, pour les deux mêmes années 1995 et 1996.

Les conditions météorologiques moyennes et la moindre pression de la demande sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique expliquent l'activité réduite des navires du CIRMAT par rapport à ceux gérés par le CIRMED. D'autre part, le *Sepia II*, petit chalutier côtier de 12,5 mètres de longueur, a une activité nettement plus faible que les autres unités, compte tenu des aléas météorologiques.

À titre de test, une analyse de la durée des campagnes à bord du *Georges Petit* et du *Téthys II* a été faite, à partir du compte rendu d'une réunion du CIRMED tenue à Banyuls-sur-Mer le 15 novembre 1996. Bien que la différence de longueur entre ces deux navires soit faible, les différences de durée moyenne montrent la nécessité de disposer aujourd'hui, pour les travaux dans le domaine côtier, d'unités de plus grandes dimensions :

**Activité des navires océanographiques Georges Petit et Téthys II pour 1996
(au 11.11.96)**

	Nombre de campagnes de recherche dont la durée (y compris délais de route) est comprise entre :				Durée moyenne en jours
Durée de la campagne	1 à 5 j.	6 à 10 j.	11 à 15 j.	16 j. et plus	
Téthys II	9	5	4	2	7,85
Georges Petit	16	5	2	-	4,86

On constate également l'impossibilité relative de réaliser des campagnes de longue durée dans le domaine côtier avec des navires de moins de 25 mètres, notamment lorsqu'il s'agit de mettre en place et de relever des mouillages comportant par exemple plusieurs courantomètres et pièges à particules (ainsi en 1997 la campagne *High Frequency Flux* demandée initialement sur les navires de l'INSU, dans le cadre du projet européen MATER – *Mass Transfer and Ecosystem Response* –, n'a pu être effectivement réalisée que grâce à la disponibilité du *Suroît*).

Conclusions sur la programmation et l'utilisation des navires

En conclusion, s'agissant des flottes hauturières, on note que la procédure d'évaluation et de programmation des demandes de campagnes à la mer a été progressivement affinée. Des bilans périodiques fondés sur la publimétrie ont été effectués par l'IFREMER depuis le début des années 1980.

De son côté la flottille océanographique côtière a subi une profonde évolution dans son exploitation. Une procédure d'évaluation et de programmation des navires de façade de l'INSU au niveau régional a remplacé une gestion au niveau local, pour des unités dont les dimensions n'ont guère varié depuis une trentaine d'années (passant de 16-23 à 20-25 mètres). Réciproquement, les moyens propres des laboratoires, dont les effectifs ont fortement augmenté depuis une vingtaine d'années, ont été réduits d'autant.

On peut considérer que l'une et l'autre des deux procédures fonctionnent d'une manière globalement satisfaisante pour les utilisateurs. Toutefois il convient de s'interroger sur le coût relatif de la programmation par rapport au coût de fonctionnement de la flotte qu'il s'agit de programmer. De ce point de vue, l'allègement de la composition des CIR dont le nombre de membres est passé à 17, hors les « invités », va dans le bon sens.

Les besoins propres des observatoires océanologiques (qui regroupent entre 100 et 150 personnes) sont moins bien satisfaits qu'ils ne l'étaient par le passé, et cette évolution semble malheureusement se confirmer.

L'existence de ces deux ensembles, flotte hauturière et flotte côtière, a eu pour conséquence l'instauration progressive d'une frontière entre la flotte côtière de l'INSU (dont les navires ne dépassent pas 25 mètres – les deux plus grands, *Téthys II* et *Côtes de la Manche* mesurent 24,9 mètres !) et la flotte hauturière de l'IFREMER (dont le plus petit navire en service actuellement, le *Suroît*, mesure 56 mètres).

Dans le même temps, comme de nombreux grands pays océanographiques, la France affiche à juste titre une forte priorité pour les recherches concernant le domaine côtier (s'étendant jusqu'au rebord de la plate-forme continentale, au début de la marge). Il suffit d'observer le nombre de navires de façade compris entre 25 et 40 mètres dans les principaux pays européens pour comprendre que la situation française actuelle ne résulte ni de contraintes budgétaires, ni du choix d'un domaine prioritaire de recherche, mais plus vraisemblablement de la compétition permanente entre les deux principaux acteurs de l'océanographie nationale, l'IFREMER et l'INSU. L'ORSTOM est seul parvenu à déroger à la règle implicite de la limite des 25 mètres consacrée par trois décennies de coexistence pacifique entre l'IFREMER et l'INSU.

Enfin, à la suite d'une évolution qui a débuté à la fin des années 1980 au sein de la mission scientifique des TAAF, l'IFRTP a admis de faire évaluer les demandes de campagne à bord du Marion Dufresne II par les commissions thématiques du Comité scientifique de l'IFREMER, en conservant la programmation annuelle des projets sélectionnés au niveau de son propre Conseil scientifique.

ANNEXE 3

Tableaux récapitulatifs sur les dépenses consolidées de la recherche publique en océanographie – Estimations 1996 CNRS – IFREMER – IFRTP – ORSTOM

**Tableau 3-1 : Dépenses consolidées CNRS et équipes associées
(estimation en millions de francs) pour 1996* en océanographie,
hors dépenses liées aux outils satellitaires**

	Dépenses totales	Dépenses de personnel ⁽¹⁾	Fonctionnement ⁽²⁾	Investissements	Frais généraux (dont dépenses de personnel) ^{(3) (4)}
Océanographie	560,11	373,50	81,26	16,00	89,35
CNRS	342,12	218,48	59,37	12,00	52,27
Équipes associées ⁽⁵⁾	217,99	155,02	21,89	4,00	37,08
Environnement planétaire	209,53	133,95	39,60	3,50	32,48
Géosciences	80,89	57,01	8,74	1,50	13,64
Côtier	235,37	163,44	27,94	4,30	39,69
Soutien flotte	5,31	3,09	1,65		0,57
Flotte	29,01	16,01	3,33	6,70	2,97

* Estimation établie d'après les documents du CNRS, hors taxes, sans amortissement des équipements.

1. Personnel scientifique, technique et administratif de l'océanographie (CNRS et équipes associées).

2. Soutien de base, frais de calcul, crédits incitatifs, crédits européens, ...

3. Fonctionnement et investissements pour l'administration et les moyens communs des départements, des instituts et du CNRS + dépenses de personnel correspondantes de l'administration du CNRS (estimation).

4. Pour les différents domaines, estimation par ventilation au prorata des personnels.

5. Données non disponibles ; estimation faite sur l'hypothèse d'une contribution proportionnelle à celle du CNRS (hors INSU).

Tableau 3-2 : Dépenses consolidées IFREMER (estimation en millions de francs) pour 1996*

	Dépenses totales	Dépenses de personnel ⁽¹⁾	Fonctionnement	Investissement	Frais généraux (dont dépenses de personnel) ^{(2) (3)}	Contrat GENAVIR
Organisme	913,8	347,6	95,7	150,7	164,6	155,3
Océanographie	752,9	258,6	80,0	136,5	122,5	155,3
Environnement planétaire	57,7	20,7	11,4	15,8	9,8	
Géosciences et Biol. profonde	64,7	31,7	6,7	11,3	15,0	
Halieutique	98,8	54,7	9,6	8,7	25,9	
Côtier	154,4	81,4	15,5	18,9	38,6	
Génie océanique	47,5	21,1	6,7	9,6	10,0	
Flotte et engins	130,7	33,1	19,3	62,7	15,7	
Informatique / réseaux	43,8	16,0	10,8	9,4	7,6	

* Établies d'après les documents fournis par l'organisme, hors taxes, sans amortissement des équipements

1. Personnel scientifique et technique.

2. Fonctionnement et investissements pour l'administration et les moyens communs + dépenses de personnel correspondantes (estimation).

3. Pour les différents domaines, estimation par ventilation au prorata des personnels.

NB : les chiffres fournis par l'organisme incluent déjà dans le fonctionnement la ventilation d'une partie des frais généraux.

Tableaux 3-3 : Dépenses consolidées IF RTP (estimation en millions de francs) pour 1996*

	Dépenses totales	Dépenses de personnel ⁽¹⁾	Fonctionnement	Investissement	Frais généraux (dont dépenses de personnel) ^{(2) (3)}	Affrètements Marton Dufresne et La Curieuse
Organisme	135,20	13,85	59,58	19,92	16,30	25,55
Océanographie	35,34	1,93	4,35	1,24	2,27	25,55

* Établies d'après les documents fournis par l'organisme, hors taxes, sans amortissement des équipements.

1. Personnel technique.

2. Fonctionnement et investissements pour l'administration et les moyens communs + dépenses de personnel correspondantes (estimation).

3. Pour les différents domaines, estimation par ventilation au prorata des personnels.

Dépenses consolidées ORSTOM (estimation en millions de francs) pour 1996*

	Dépenses totales	Dépenses de personnel ⁽¹⁾	Fonctionnement	investissement	Frais généraux (dont dépenses de personnel) ^{(2) (3)}
Organisme	1 100,1	611,9	106,3		360,5
Océanographie	182,8	113,7	20,4	9,7	39,0
Env. Planet.	38,4	23,6	3,2	2,3	9,4
Géosciences	12,3	5,8	2,9	1,3	2,3
Halieutique	67,9	42,1	7,2	2,0	16,7
Côtier	38,0	25,2	1,8	1,0	10,0
Soutien Flotte	1,6	1,0			0,6
Flotte	24,6	16,0	5,4	3,2	

* Établies d'après les documents fournis par l'organisme, hors taxes, sans amortissement des équipements.

1. Personnel scientifique et technique des départements scientifiques.

2. Fonctionnement et investissements pour l'administration et les moyens communs + dépenses de personnel correspondantes (estimation).

3. Pour les différents domaines, estimation par ventilation au prorata des personnels.

ANNEXE 4

Liste des personnes consultées

Personnalités consultées au ministère de l'Éducation nationale, de la recherche et de la technologie

(ex-Mission scientifique et technique – département DSPT3)

■ **Hervé CHAMLEY**,
directeur DSPT 3

■ **Michel CROCHET**,
chargé de mission

■ **Thierry JUTEAU**,
chargé de mission

■ **Jean-Claude GASCARD**,
chargé de mission

(ex-Direction générale de la recherche et de la technologie)

■ **Bernard SAYER**,
responsable très grands équipements

Personnalités des établissements consultés

IFREMER

■ **Pierre DAVID**,
Président-Directeur général

■ **Paul NIVAL**,
Haut Conseiller scientifique

■ **Chantal BAILLY**,
Délégué aux Affaires scientifiques, *correspondante du CNER pour l'évaluation*

■ **Xavier LE PICHON**,
Président du Comité scientifique

■ **Roland SCHLICH**,
Président de la Commission « Flotte et Submersibles »

■ **Alain CRESSARD**,
Directeur des moyens et des opérations navals (DMON)

■ **Dominique GIRARD**,
Directeur DMON

■ **Jean-Xavier CASTREC,**
DMON

■ **Philippe FERLIN,**
Directeur des relations et de la coopération internationales (DRCI)

■ **Guy HERROUIN,**
Directeur de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (DITI)

■ **Jacques BINOT,**
Responsable DITI/NOE

GIE GENAVIR

■ **M. ROUX,**
administrateur unique

CNRS

■ **Édouard BRÉZIN,**
Président du Conseil d'administration

■ **Jean-François MINSTER,**
Directeur INSU et Directeur scientifique SDU

■ **Daniel VIDAL-MADJAR,**
Directeur adjoint INSU/OA, *correspondant du CNER pour l'évaluation*

■ **Philippe VIDAL,**
Directeur adjoint INSU/ST

■ **Jacques SOYER,**
Président du CIRMED

■ **Jean-Claude DAUVIN,**
Président du CIRMAT

■ **Alain SOURNIA,**
chargé de mission sciences de l'univers / sc. de la vie

■ **Philippe HUCHON,**
chargé de mission INSU/ST

■ **Sofia NADIR,**
chargé de mission INSU/ST

ORSTOM

■ **Philippe LAZAR,**
Président du Conseil d'administration

■ **Jean NEMO,**
Directeur général

■ **Bruno VOITURIEZ,**
Directeur de la stratégie et de la programmation, *correspondant du CNER pour l'évaluation*

■ **Patrice CAYRÉ,**
responsable UR3, département RED

■ **Jean-Paul REBERT,**
chargé de mission, département RED

IFRTP

- **Claude LORIUS**,
Président
- **Gérard JUGIE**,
Directeur, *correspondant du CNER pour l'évaluation*
- **Hervé BARRÉ**,
Directeur adjoint

Experts auditionnés au siège du CNER

- **Enric BANDA**,
Professeur à l'Université de Barcelone, Espagne
- **Jean BOISSONNAS**,
responsable MAST, DG XII, CCE, Bruxelles
- **Alain LAUREC**,
directeur « Pêches », DG XIV, CCE, Bruxelles
- **Michel LEFEBVRE**,
CNES
- **Louis LEGENDRE**,
Professeur à l'Université de Laval, Québec, Canada
- **Fauzi MANTOURA**,
Professeur à l'Université de Plymouth, Angleterre
- **Gerold SIEDLER**,
Professeur à l'Université de Kiel, Allemagne

Personnalités visitées à Brest par le groupe de travail du CNER

- **Hervé BARRÉ**,
Directeur adjoint (IFRTP)
- **Yvon BALUT**,
responsable du département Océanographie (IFRTP)
- **Alain DESSIER**,
responsable des moyens navigants (ORSTOM)
- **Armel LE STRAT**,
Capitaine d'armement (GIE GENAVIR)
- **M. MUNAGORRI**,
Direction des relations et de la coopération internationales (IFREMER)

Consultations effectuées par l'expert du CNER chargé de l'examen des moyens à la mer

Service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM)

- **J.-M. CHIMOT**,
ingénieur en chef de l'armement

En mission à Southampton

■ **Charles FAY,**

Superintendant de la flotte (*Natural Environment Research Council (NERC)* – Southampton)

Armateurs

■ **P. CHAPEL,**

(Compagnie Morbihannaise et Nantaise de navigation)

■ **M. KERGADALLAN,**

(Louis Dreyfus Armateurs)

Goupes pétroliers

■ **Jean Paul ROUSSET,**

(ELF)

■ **Alain COADOU,**

(TOTAL)

ANNEXE 5

Liste des documents examinés

Documents fournis par l'IFREMER

Documents institutionnels publiés

- Prospective de recherche sur l'océanographie physique, chimique et biologique, 16 p., 1994
- Prospective de recherche en géosciences marines, 20 p., 1994
- Prospective de recherche sur l'environnement littoral, l'aquaculture et les biotechnologies, 16 p., 1994
- Réflexion prospective sur la recherche halieutique, 16 p., 1994
- Plan Stratégique 1996-2000, 32 p., 1996
- Thèmes Fédérateurs IFREMER, 72 p., 1997
- IFREMER, Bilan Social 1996, 76 p.
- Techniques avancées, Revue de l'Amicale du Génie Maritime et des ingénieurs ENSTA, n° 40, juin 1997

Documents relatifs aux programmes

- Bilan scientifique de la Commission OPCB, rapport, 13 p., décembre 1997
- Bilan scientifique de la Commission Géosciences marines, rapport, 97 p., décembre 1997
- Note sur les résultats obtenus par les équipes de l'IFREMER en océanographie, 8 p., novembre 1997
- Valorisation scientifique des campagnes océanographiques relevant de la Commission ECOREC, rapport, 15 p., décembre 1997
- Note complémentaire (document préparé par la commission « Écologie des Ressources et Environnement Côtier »), 2 p., décembre 1997
- Note sur les résultats obtenus par le PNOC, phase 1 (1991-1996), 3 p., juillet 1996
- Informations complémentaires concernant le PNDR : équipes impliquées, thèses, DEA, publications, pour la période 1992-1996
- Résultats obtenus par le PNEAT, extraits de l'ouvrage « Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises. Écologie, écophysiologie, toxicologie » de B. Berland et P. Lassus, IFREMER, Repères Océan 13, 202 p., 1997
- Note sur la valorisation scientifique des moyens océanographiques dans le domaine de l'environnement côtier, novembre 1997

- Les campagnes de recherche en halieutique : objectifs et résultats, 9 p., novembre 1997
- Le contexte européen et international des campagnes de recherche en halieutique : le CIEM, note, 2 p., novembre 1997
- Listes de publications du département Ressources halieutiques, années 1994, 1995 et 1996
- Coopérations entre l'IFREMER, les autres organismes de recherche et les universités dans le domaine des recherches sur le milieu marin. Note, 6 p. + 4 annexes (annexe 1 : Liste des unités mixtes entre l'IFREMER et les autres organismes de recherche, 3 p. ; annexe 2 : liste des unités de recherche marine, 5 p. ; annexe 3 : programmes nationaux et internationaux (PNDR, PNEAT, PNOCV, DORSALES, DBE, WOCE, PNEDC), 9 p. ; annexe 4 : groupements de recherche, 4 p.), novembre 1997
- Thèses soutenues à l'IFREMER en 1994-1995-1996, Direction des Recherches océanographiques, tableau, 2 p., + fiches descriptives des thèses, 40 p., novembre 1997
- Thèses soutenues à l'IFREMER en 1994-1995-1996 en halieutique, fiches descriptives des thèses, 5 p., novembre 1997
- Thèses soutenues à l'IFREMER en 1994-1995-1996, Direction de l'Environnement littoral, tableau, 3 p., + fiches descriptives des thèses, 16 p., novembre 1997
- Thèses soutenues à l'IFREMER en 1994-1995-1996, DITI, fiches descriptives des thèses, 33 p., novembre 1997
- La Zone Économique Exclusive et le plateau continental, note, 2 p., novembre 1997
- La surveillance de la qualité des eaux côtières à l'IFREMER, note, 9 p. + annexe (carte), novembre 1997
- Bases de données océanographiques, note, 4 p., novembre 1997
- Gestion de base de données – Évolution du SISMER. Rapport préliminaire IFREMER, 11 p. + 7 annexes (≈ 100 p.), 27 mai 1997
- Bilan des coopérations européennes et internationales (modes communautaires, modes bi – ou multilatéraux), note, 6 p. + annexes (annexe 1 : partenariat de l'IFREMER dans les projets du PCRD en 1994-1996, 3 p. ; annexe 2 : projets financés sur la période 1994-1996 par le PCRD avec participation de l'IFREMER, 18 p. ; annexe 3 : recettes de l'Union Européenne, 5 p.), novembre 1997

Documents relatifs au personnel et aux budgets

- Tableau récapitulatif de la répartition de l'effort humain par thème fédérateur (résultat de la comptabilité analytique 1^{er} semestre 1997 en équivalent temps-plein) et ventilation indicative de cet effort par filière (recherche, développement technologique, expertise et service public) (estimation en équivalent temps-plein), décembre 1997
- Tableau récapitulatif des ressources et dépenses de l'IFREMER pour les années 1994-1995-1996 (incluant le contrat GENAVIR), décembre 1997
- Tableau récapitulatif des dépenses mandatées, par thème fédérateur : résultats de la comptabilité analytique pour le 1^{er} semestre 1997 (hors frais généraux), décembre 1997

- Tableau récapitulatif des dépenses et des heures pour le soutien aux programmes (coordination, infrastructures et moyens généraux, administration et relations extérieures) : résultats de la comptabilité analytique pour le 1^{er} semestre 1997, décembre 1997
- Tableaux récapitulatifs des résultats analytiques des années 1994, 1995 et 1996 classés par principales activités de l'IFREMER (hors aquaculture et valorisation des produits), décembre 1997
- Tableau récapitulatif des participations financières de l'IFREMER dans les programmes nationaux ou interorganismes et dans les groupements de recherche mixtes en 1994-1995-1996 et 1997, décembre 1997

Documents relatifs à la flotte, aux engins et aux campagnes à la mer

- Rapport de l'IFREMER sur sa flotte océanographique (rapport à la DGRT), 15 p., 6 février 1997
- Les moyens à la mer de l'IFREMER, note de synthèse, 10 p., novembre 1997
- Plaquettes GENAVIR, navires (L'Atalante, Thalassa, Le Suroît, Nadir, L'Europe, Thalia, Gwen Drez) et engins (Scampi, Cyana, Nautille, Robin)
- Informations sur les navires océanographiques de l'IFREMER (réponse à la demande de J.F. Perrouy adressé à GENAVIR le 24 novembre 1997), note, 7 p.
- La programmation des campagnes à la mer, fiche synthétique, 3 p., 11/1997
- Procédures d'évaluation et de programmation des campagnes océanographiques, 6 p., juin 1996
- Règlement intérieur de la Commission « Flotte et Submersibles »
- Formulaire « Proposition de campagne à la mer IFREMER – IFRTP », « Lettre d'intention pour une campagne à la mer en 1998 IFREMER – IFRTP » et « Demande de moyens nautiques pour des essais technologiques »
- Possibilités d'utilisation d'équipements mobiles par les navires, note, 17 p., 6/1995 (fourni par l'IFRTP)
- Activité de la flotte hauturière en jours de mer par discipline, 1987 -1997, tableau synthétique, 1 p., novembre 1997
- Tableaux des campagnes à la mer (flotte hauturière) 1994-1997 réalisées à partir des navires de l'IFREMER et classées par programme ou thématique, 11 p., 11/1997
- Tableaux des campagnes à la mer (flotte hauturière) 1994-1997 réalisées à partir des navires de l'IFREMER et classées par navire, 8 p., novembre 1997
- Note expliquant les programmes ou les thématiques citées dans les tableaux, 4 p., 11/1997
- Note expliquant les valeurs utilisées pour les unités de compte dans les tableaux, 1p., 11/1997
- Note de synthèse sur les conditions d'utilisation de la flotte, 1 p., 11/1997
- Commission « Flotte et Submersibles », bilan des activités pour la période 1989 à 1996, tableaux (3 p.), 1997 (communiqué par R. Schlich)

- Liste des demandes de campagnes en 1994-1995-1996
- Bilan de la flotte hauturière, calendrier promulgué après le Comité scientifique 1994-1995-1996, 7 p., novembre 1997
- Bilan de la flotte hauturière, calendrier des campagnes réalisées, 1994-1995-1996, 7 p., novembre 1997
- Recueil annuel des campagnes océanographiques françaises, 1994
- Recueil annuel des campagnes océanographiques françaises, 1995
- Recueil annuel des campagnes océanographiques françaises, 1996 (maquette)
- Programme des Moyens Navals 1998, 9 p. + 1 tableau, novembre 1997
- Note de synthèse « La flotte de trois États européens », 2 p., 9/1996
- Bilan des échanges de « temps-navire », 8 p., 11/1997
- Triangular Technical Arrangements for the exchange of major marine facilities (BMBF, IFREMER, NERC), 8 p., 2/1996
- Note sur les affrètements pendant la période 1994-1996, 3 p., novembre 1997
- Tarification commerciale à IFREMER, document interne, 33 p., janvier 1997
- Note sur les primes à la mer du personnel de l'IFREMER, 4 p., novembre 1997

Documents relatifs aux développements technologiques

- Bilan des développements technologiques, des retombées industrielles et des applications hors secteur recherche, note, 8 p., novembre 1997
- Rapport à M. H. Guillaume (MENRT) « Innovation et développement technologique », 38 p., octobre 1997
- Organigramme de la DITI, 1 p., novembre 1997
- Compte rendu de la réunion Coriolis du 13/05/97, 2 p.
- Compte rendu de la réunion Coriolis du 22/09/97, 3 p.
- Compte rendu de la réunion Coriolis du 24/11/97, 3 p.
- Note sur les campagnes technologiques 1994-1997 réalisées à partir des navires de l'IFREMER, 3 p., novembre 1997 + annexe 1 « Développements technologiques Flotte » (2 p.) et Annexe 2 « Développements technologiques hors Flotte » (2 p.)
- IFREMER R/V « THALASSA », Dynamic Positioning System DPS 901, Acceptance tests at sea, GEGELEC PROJECTS Ltd, rapport, 25 p., janvier 1995
- ROV 6000, Spécifications techniques du système, 37 p., août 1996
- Le ROV Victor 6000, note de synthèse, 9 p., décembre 1997
- La cartographie des fonds marins à l'IFREMER, 7 p., 1997
- MAREL – Réseau Baie de Seine, fiche, 2 p., 1997
- MARVOR, fiche, 3 p., 1997
- JAMSTEC, plaquette de présentation du N/O Kairei, 6 p., octobre 1996

Documents relatifs à GENAVIR

- Éléments comptables pour l'année 1996 (GENAVIR), 10 p., mai 1997
- Organisation de GENAVIR, décision Ad/U n° 97.01/B, 6 p. + 5 tableaux, janvier 1997
- Armement GENAVIR, Flotte Océanologique du CNEXO, Convention particulière d'entreprise applicable aux états-majors des navires océanographiques, 22 p. + 4 annexes, décembre 1976
- Avenant n° 1 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux états-majors des navires océanographiques, 4 p., septembre 1979
- Avenant n° 2 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux états-majors des navires océanographiques, 1 p.
- Avenant n° 3 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux états-majors des navires océanographiques, 6 p., 1984
- Avenant n° 4 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux états-majors des navires océanographiques, 4 p., juillet 1992
- Avenant n° 1 aux dispositions particulières applicables aux états-majors naviguant à bord des navires côtiers, 4 p., juillet 1992
- Armement GENAVIR, Flotte Océanologique du CNEXO, Convention particulière d'entreprise applicable aux équipages des navires océanographiques, personnel métropolitain et des Territoires de Saint-Pierre-et-Miquelon, 19 p. + 2 annexes, décembre 1976
- Avenant n° 1 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux équipages des navires océanographiques, personnel métropolitain et des Départements de Saint-Pierre-et-Miquelon, 3 p., février 1979
- Avenant n° 2 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux équipages des navires océanographiques, personnel métropolitain et des Départements de Saint-Pierre-et-Miquelon, 2 p.
- Avenant n° 3 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux équipages des navires océanographiques, personnel métropolitain et des Départements de Saint-Pierre-et-Miquelon, 2 p.
- Avenant n° 4 à la Convention particulière d'entreprise applicable aux équipages des navires océanographiques, personnel d'exécution, 5 p., juin 1992
- Avenant n° 1 aux dispositions particulières applicables au personnel d'exécution naviguant à bord des navires côtiers, 4 p., juin 1992
- Convention collective nationale du personnel sédentaire des Entreprises de Navigation Libres, 23 p., février 1990
- Régime de missions du personnel sédentaire GENAVIR, 8 p.
- Protocole d'accord relatif à certains aspects du régime d'embarquement des personnels sédentaires GENAVIR participant à la mise en œuvre à la mer des engins et des matériels, 9 p., mars 1991

Documents fournis par l'INSU / CNRS-SDU

Documents institutionnels publiés

- Rapport de conjoncture du Comité National de la Recherche Scientifique, 627 p., 1996
- Annuaire 1997 des unités et des personnels de recherche – Département SDU – INSU
- Annuaire 1997 des unités et des personnels de recherche – Département SDV
- Prospective Sciences de la Terre – CSST de l'INSU, 54 p., 1996
- Colloque de prospective de Hourtin, document de synthèse – CSOA de l'INSU, 27 p., 1994
- Colloque de prospective sur les stations marines – Départements SDU et SDV – INSU, 33 p., juin 1994
- Guide des stations marines – Départements SDU et SDV – INSU, 114 p., décembre 1995

Documents relatifs aux programmes

- Politique de recherche en océanographie, note, CNRS-INSU, 16 p., janvier 1998

Climat et Environnement Planétaire

- Fiche PATOM (programme national Atmosphère et Océan à Moyenne Échelle), 25 p.
- Fiche PNEDC (programme national d'étude de la Dynamique du Climat), 16 p.
- PNEDC, Options stratégiques et programme scientifique, 1997-2000, INSU, 55 p., mars 1997
- MERCATOR, A French Project for Operational Oceanography, 4 p. (plaquette), 1997
- Fiche JGOFS-France (Joint Global Ocean Flux Study), 23 p.
- Lettre aux autres organismes (IFREMER, CEMAGREF, EPSHOM, Min. Environnement, CEA, CNES, METEO-FRANCE, IFRT, ORSTOM) concernant une proposition de réorganisation des programmes de recherche relatifs au climat et à l'environnement planétaire, 2 p., novembre 1997, et annexes :
 - Fiche-projet du programme de recherche sur le Système Climatique et sa Variabilité (PRSCV), 1 p.
 - Fiche-projet du programme Grands Flux bio-géochimiques et leurs interactions avec le climat (PGF), 1 p.
 - Fiche-projet du programme Physique et Dynamique Atmosphérique et Océanique (PPDAO), 1 p.
 - Programme PATOM, Appel d'offres 1998, 5 p.,
 - Programme national Chimie Atmosphérique (PNCA), Appel d'offres 1998, 7 p.
 - Le thème Climat du PNCA, fiche, 1 p., novembre 1997
 - Thème climat dans le PNRH, fiche, 1 p., novembre 1997
 - Proposition pour la mise en place d'un programme sur les « impacts » du changement climatique, 13 p., version du 27 octobre 1997

Environnement côtier

- Fiche PNOC (Programme National d’Océanographie Côtière), 19 p.
- Fiche PNRCO (Programme National Récifs Coralliens), 2 p.
- PNRCO, Bilan scientifique des trois années 1994, 1995 et 1996, Perspectives 1997-1999 et Annuaire, 56 p., avril 1997
- PNRCO, The French National Programme on Coral Reef, fostering multidisciplinary coral reef studies, 6 p. (plaquette), juin 1996
- Fiche PNDR (Programme National Déterminisme du Recrutement), 9 p.
- Fiche PNEAT (Programme National « Efflorescences Algales Toxiques »), 7 p.
- Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises. Écologie, écophysiologie, toxicologie. B. Berland et P. Lassus, IFREMER, Repères OCÉAN 13, 202 p., 1997
- Comité d’Orientation Scientifique en Environnement Côtier (COSIREC), présentation, 4 p., juin 1997
- COSIREC, compte rendu de la réunion du 04/09/1997, 6 p.

Terre Solide

- Programme National de Recherche sur la Prévision et la Prévention des Risques Naturels (PNRN), Appel d’offres 1997, 5 p.
- Programme Dynamique des Transferts Terrestres, Appel d’offres 1997, 4 p.
- Programme Intérieur de la Terre, Appel d’offres 1997, 6 p. (dont Programme DORSALES ; appel d’offres ciblé « Échelles de temps dans les flux hydrothermaux et magmatiques à l’axe des dorsales », 3 p.)
- Programme de Recherche Sols et Érosion (PROSE), Appel d’offres 1997, 4 p.
- Programme Variabilité de l’Environnement de la Terre (VariEnTe), Appel d’offres 1997, 6 p.
- Groupe ad hoc « OCÉANS », Appel d’offres 1997-1 et 1997-2 « Traitement des données des campagnes récentes », 7 p.
- Programme National de Recherches en Hydrologie, Appel d’offres 1997, 3 p.
- Programme de Recherche Géomatériaux, Appel d’offres 1997, 3 p.
- Programme OFM – stations d’Observation Fond de Mer, document interne INSU, 35 p., juin 1997

Documents relatifs au personnel et aux budgets

- Tableau récapitulatif de la population des chercheurs et ITA en océanographie dans les unités SDU, SDV et SPI, 1 p., janvier 1997
- Tableau récapitulatif du budget INSU/SDU par grandes masses de 1994 à 1997, 1 p., décembre 1997

- Tableau récapitulatif de la répartition du budget de la division technique par domaine de 1994 à 1997, 1 p., décembre 1997
- Environnement côtier (PNDR, PNEAT, PNOC, PNRCO), effectifs des 4 programmes nationaux en 1997 et ressources et ventilation des budgets de 1994 à 1997, 17 p., décembre 1997
- PNTS, financements en océanographie (1994 à 1997) et récapitulatif des financements par organismes (1994 à 1997), 3 p., décembre 1997
- JGOFS, financements 1994 à 1997, 1 p., décembre 1997
- PATOM, financements Océan 1994 à 1997, 2 p., décembre 1997
- PNEDC, financements Océan 1994 à 1997, 1 p., décembre 1997
- Programmes INSU/ST en 1997 : budget global en KF
- Tableau récapitulatif : Part des recherches océanographiques soutenues par les programmes DYTEC et VARIANTE en kF et financées uniquement sur subvention de l'État, 1994 à 1997, 1 p., décembre 1997 + annexes par année, 9 p.
- Programme National de Recherche sur la Prévision et la Prévention des Risques Naturels, budget et attributions, 1994 à 1997, 18 p.
- Programme Dynamique et Bilan de la Terre (DBT II), attributions 1994 à 1996, 4 p.
- Programme Imagerie et Structure de la Terre, Bilan des actions 1994, 4 p.
- Programme Imagerie et Dynamique de la Lithosphère (IDYL), tableau des attributions 1995
- Programme Intérieur de la Terre, attributions 1997, 5 p.
- Financement de l'embarquement sur les campagnes, 3 p., décembre 1997
- Financement de l'exploitation des campagnes (« Géosciences Marines », puis groupe ad hoc « Océan », 4 p., décembre 1997
- Tableau récapitulatif soutien INSU-ST campagnes, 1 p., décembre 1997
- Ventilation des crédits de calcul sur les grands centres pour l'Océanographie et les Géosciences Marines, note, 1 p., décembre 1997
- Contrats européens de l'INSU/SDU dans les domaines des Sciences de la Terre et Océan-Atmosphère pour les années-bilan 1994 à 1997, 16 p., décembre 1997

Documents relatifs à la flotte et à son activité

- La flotte côtière de l'INSU – Rapport pour la DGRT, février 97, 23 p. + annexes
- Fiches techniques des bateaux (Annexe 2 au rapport pour la DGRT de février 1997) : Côte d'Aquitaine, Côte de la Manche, Côte de Normandie, Professeur Georges Petit, Tethys II
- Vade-mecum des utilisateurs des navires océanographiques côtiers français de l'INSU et de l'IFREMER, 10 p. + annexes (fiches techniques des navires, fiche de demande de campagne, fiche technique de fin de campagne à la mer et de prêt de matériel embarquable, page 1 pour rapport à 2 ou 4 ans), troisième édition, mars 1997

- Côtes de la Manche, 4 p. (plaquette), 1997
- Composition du CIRMAT, 1995-98, novembre 1997
- Composition du CIRMED, 1995-98, novembre 1997
- Rapport du groupe de travail sur le renouvellement de la flottille des stations marines, 8 p. + annexes, septembre 1997
- INSU-CNRS, Flotte océanographique, Bilan d'activité 1996, 77 p.
- CIRMED, Rapport d'activité 1993-1996 des navires de la flotte côtière, 347 p., juillet 1997
- CIRMED, Rapport d'activité 1993-1996 des navires de la flotte côtière, Additifs, 74 p., octobre 1997
- CIRMAT, Rapport d'activité 1993-1996, 323 p., juin 1997
- Navires côtiers et océanographie en Méditerranée, CIRMED, Colloque national, Hôtel de Région, Marseille, 1-2 juillet 1997, 45 p., novembre 1997
- Navires côtiers et océanographie de l'Atlantique et de la Manche, CIRMAT, Colloque national, Hôtel de Région, Bordeaux, 9-10 juin 1997, 84 p., novembre 1997
- Campagnes côtières 1994-96 : récapitulatif de l'utilisation des navires (jours/an), fiche, 1 p.
- Campagnes côtières 1994-97, CIRMED, tableaux, 22 p.
- Campagnes côtières 1994-97, CIRMAT, tableaux, 18 p.
- Projet de compte rendu de la réunion du CIRMAT, du 13/11/1996, 10 p.
- Projet de compte rendu de la réunion du CIRMED, du 13/11/1996, 10 p.

Documents relatifs aux développements technologiques

- Rôle de la Division technique de l'INSU dans les développements d'instrumentation océanographique et de géophysique marine pendant la période 1993-1997, 5 p., novembre 1997

Documents relatifs au personnel marin INSU

- Textes régissant les statuts des marins de l'armement INSU (Annexe 1 au rapport pour la DGRT de février 1997) :
- Conditions générales d'engagement des marins de l'armement INSU, 18 p.
- Contrat de travail à durée déterminée des marins de l'INSU, 4 p.

Documents fournis par l'ORSTOM

Documents institutionnels publiés

- Rapport annuel : l'ORSTOM en 1995, 38 p.
- Rapport annuel : l'ORSTOM en 1996-97, 43 p.
- Schéma stratégique, 24 p., version du 12 juillet 1996

Documents relatifs aux programmes

- Grand programme « Variabilité climatique et impacts régionaux », document de travail, 35 p., octobre 1996
- Grand programme ÉTAGES « Étude de l'Aléa et aide à la Gestion des risques naturels », document de travail, 45 p., octobre 1996
- Grand programme « Dynamique et usage des écosystèmes marins et de leurs ressources vivantes », document de travail, 62 p., juin 1996
- Grand programme « Structure, dynamique et usages des littoraux », document de travail, 36 p., août 1996
- Rapport interne de la Commission scientifique Géologie-Géophysique « Journées de prospective en géosciences à l'ORSTOM, 24-25 janvier 1996, 39 p.
- Récapitulatif des thèses co-encadrées par les équipes de l'ORSTOM en océanographie, 1994-1997, janvier 1998
- Les programmes de recherche en océanographie et les moyens à la mer qui leur sont consacrés : bilan 1994-1997 de l'ORSTOM : partie « bilan sur la période 1994-1997 des résultats des programmes de recherche en océanographie de l'ORSTOM », p. 4-42, novembre 1997
- ORSTOM Sciences marines, thèses soutenues de 1994 à 1997 et en cours, 3 p., janvier 1998

Documents relatifs au personnel et aux budgets

- Tableau récapitulatif des budgets des équipes ORSTOM en océanographie, 1994-1997, janvier 1998
- Tableau récapitulatif des financements européens obtenus par les équipes ORSTOM en océanographie, janvier 1998
- Tableau récapitulatif des participations financières de l'ORSTOM aux programmes nationaux ou interorganismes, janvier 1998
- Bilan financier de la flotte ORSTOM, tableau récapitulatif, 1994-1997, 1 p., janvier 1997

Documents relatifs aux développements technologiques

- Les programmes de recherche en océanographie et les moyens à la mer qui leur sont consacrés : bilan 1994-1997 de l'ORSTOM ; partie « recherche et développement en ingénierie marine », p. 43-44, novembre 1997

Documents relatifs à la flotte et à son activité

- Les programmes de recherche en océanographie et les moyens à la mer qui leur sont consacrés : bilan 1994-1997 de l'ORSTOM : partie « campagnes océanographiques et gestion de la flotte », p. 45-81, novembre 1997
- Fiche technique « André Nizery »
- Fiche technique « Alis »
- Fiche technique « Antea »
- Formulaire de demande de campagne à la mer

Documents fournis par l'IFRTP

Documents institutionnels publiés

- IFRTP, Rapport d'activité 1993, 32 p. + annexes
- IFRTP, Rapport d'activité 1994, 35 p. + annexes
- IFRTP, Rapport d'activité. Année 1995 et campagnes d'été 95-96, 74 p.
- IFRTP, Rapport d'activité. Année 1996 et campagnes d'été 96-97, 75 p.

Documents relatifs à l'organisme

- Contrat constitutif du Groupement d'intérêt public « Institut Français pour la Recherche et la Technologie Polaires – Expéditions Paul-Émile VICTOR », 15 p., 1992-1994
- Organigramme et personnel de l'IFRTP, tableau, 1 p., 1997

Documents relatifs aux programmes

- Liste des publications issues des campagnes océanographiques de l'IFRTP de 1994 et 1996, 54 p., 1997

Documents relatifs à la flotte et à son activité

- Situation juridique des navires à la disposition de l'IFRTP, fiche, 2 p., 1997
- Informations sur les navires océanographiques de l'IFRTP (réponse à la demande de J.F. Perrouy adressé à l'IFRTP le 24 novembre 1997), note, 5 p.
- Réponse partielle au document du CNER du 10 octobre 1997, décembre 1997, 8 p. + annexes
- Marion Dufresne II, 6 p. (plaquette), 1995
- Marion Dufresne II, plaquette + documentation technique, 59 p., 1995
- Marion Dufresne II, plaquette + résumé des caractéristiques, 20 p., 1995
- MD II – Convention d'affrètement et de prestation pour le service des Terres Australes Françaises et la Recherche Scientifique, 26 p., mars 1993
- Extrait de la Convention entre les TAAF et l'IFRTP, Titre III « Des moyens de transport », 2 p.
- Adéquation du Marion Dufresne II et inadéquation de l'Astrolabe pour le service des Iles Françaises Subantarctiques, note interne IFRTP, 8 p., juillet 1994
- Marion Dufresne – Financement et évolution de son emploi, note interne IFRTP, 5 p., 1996
- Marion Dufresne – Évolution possible de son emploi, note interne IFRTP, 9 p., octobre 1996
- « Marion Dufresne I », Calendrier type d'utilisation, 1 p., mai 1986
- « Marion Dufresne I », Répartition des temps d'utilisation moyenne des années 1984 à 1991, 1 p., 1992
- « Marion Dufresne I », Bilan fin d'exploitation, 1 p., 1995
- Rapport du Comité Scientifique sur l'utilisation du Marion Dufresne, 11 p., version finale du 4 / 4 / 1997
- « L'Astrolabe », fiche-résumé, 1 p., 1997
- « L'Astrolabe », caractéristiques du navire, note, 3 p., 1997
- « Calendrier d'utilisation de L'Astrolabe », 1993 à 1997, tableaux, 7 p.
- « La Curieuse », note de présentation générale et technique, 5 p., avril 1989
- Note de présentation « Activités de La Curieuse », 8 p., octobre 1994
- « La Curieuse », fiche-résumé, 1 p., 1997
- Fiches d'activité de « La Curieuse » 1993, 1994, 1995, 1996, tableaux, 4 p., 1997
- Procédures d'évaluation et de programmation des campagnes océanographiques (document IFREMER du 10 juin 1996, avec correctifs de l'IFRTP, lettre de R. Schlich du 20 mai 1996)
- Formulaire : « Proposition de campagne à la mer IFREMER – IFRTP », « Lettre d'intention pour une campagne à la mer en 1998 IFREMER – IFRTP » et « Demande de moyens nautiques pour des essais technologiques »

- Tableaux et descriptif des campagnes océanographiques et des transits valorisés de l'IFRTP pour les années 1994, 1995, 1996 et 1997 (navires : MD, MDII, Astrolabe), 12 p., novembre 1997
- Programme d'emploi du Marion Dufresne I -1994, tableau, 1 p.
- Programme d'emploi du Marion Dufresne I et II -1995, tableau, 1 p.
- Programme d'emploi du Marion Dufresne II -1996, tableau, 1 p.
- Calendrier prévisionnel du Marion Dufresne II pour 1997 et Programme d'emploi du Marion Dufresne II -1997 (jusqu'au 8/11/97), tableaux, 2 p.
- Calendrier prévisionnel du Marion Dufresne II pour 1998 et début 1999, tableau, 1 p., novembre 1997
- Tableau récapitulatif des ressources et dépenses de l'IFRTP pour les campagnes océanographiques ; tableaux des coûts des campagnes océanographiques 1994, 1995 et 1996, 4 p., septembre 1997
- Terre Adélie, campagne été 1997 / 1998 (intervenants et rotations -1997-98), 7 p., octobre 1997
- Échange de courriers entre l'IFRTP et l'IFREMER à propos de la campagne KEREMIS et du prêt de la SMT, septembre – octobre 1997 (documents transmis par R. Schlich)
- Extrait du « Régime des rémunérations de l'IFRTP » (5 – Campagnes océanographiques), 2 p., 1997
- Régime des rémunérations et des frais de mission de l'IFRTP, documents divers (13 p., décembre 1992 ; 7 p., septembre 1994 ; 7 p. + annexes, janvier 1995 ; 4 p., décembre 1995) (documents transmis par R. Schlich)
- Précisions sur le sondeur multifaisceaux équipant le MD II – Note + relevés, 11 p., 9 avril 1998

Documents fournis par le SHOM

Documents institutionnels publiés

- SHOM, Rapport annuel 1996, 74 p.

Documents relatifs à la flotte et à son activité

- La flotte hydro-océanographique du SHOM, 5 p. + annexes, juin 1997

Documents fournis par le ministère de l'Éducation nationale de la Recherche et de la Technologie

- Rapport sur l'avenir des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), octobre 1997, 52 p. + annexes

Politique générale et personnel (DGRT, MST, DRIC)

- État des ressources humaines en recherche et développement océanographiques, note MST – DSPT3, 3 p., février 1995
- Effectifs recherche marine du CNRS, DGRT, 3 p., décembre 1995
- Effectifs en recherche marine par disciplines et par organismes, note DGRT, 2 p., janvier 1996
- Revue des activités nationales françaises dans le domaine de la recherche océanographique (document établi par la DRIC du Ministère pour le Comité de gestion MAST), 8 p., 1996

Flotte océanographique

- DGRT, Sous-Direction du budget civil de recherche et des études : IFREMER Plan de renouvellement de la flotte, échéancier de thésaurisation des moyens d'engagement et de paiement, tableau, 1 p., novembre 1997
- Rapport sur la flotte océanographique hauturière française (établi par l'IFREMER), 15 p. + tableaux, septembre 1996
- « Fiche Marion Dufresne », DGRT, 11 p. + annexes, juillet 1995
- Extrait du rapport du Conseil des très grands équipements scientifiques (1 – La flotte océanographique), 5 p., avril 1996
- Compte rendu de la réunion sur la flotte du 4/02/1997, DGRT, 3 p., février 1997
- Note « Flotte océanographique », DGRT, 6 p., juin 1997
- Compte rendu de la réunion du 5 juin 1997, Proposition pour la composition d'un comité pour une prospective sur les navires océanographiques, 2 p., juin 1997
- Note à l'attention du DGRT sur le thème de la flotte océanographique en vue de la réunion du CSRT du 9 septembre, 3 p., août 1997
- CSRT, Analyse des documents concernant la flotte océanographique, Rapport de J.-P. Flandrois et A. Pavé adopté en séance plénière le 9 septembre 1997, 11 p. + tableaux
- Avis du CSRT du relatif à la flotte océanographique française, 2 p., septembre 1997

MST (Europe)

MAST

- Comité Technique National MAST III, Dernières nouvelles de MAST III, 3 p., juin 1995
- Comité Technique National MAST III, Compte rendu de la réunion du Comité de Gestion des 2 et 3 octobre 1995, 3 p., octobre 1995
- Bilan d'activité de la première année de mise en œuvre du 4^e PCRD – Programme MAST III (Sciences et Technologies Marines), 18 p., décembre 1995
- Comité Technique National MAST III, Rapport sur l'appel d'offres 1997, 18 p., avril 1997
- Comité Technique National MAST III, Compte rendu de la réunion MAST-COM du 23 juin 1997, 5 p., juillet 1997

Environnement et Climat

- Bilan d'activité de la première année de mise en œuvre du 4^e PCRD – Programme « Environnement et Climat », 10 p., décembre 1995
- Documents relatifs à l'Appel d'Offres 1997 : liste des propositions acceptées (mai 1997), analyse des « retours » par thème (juillet 1997)

MST (technologies)

- Étude et développement d'un planeur océanographique autonome pour la collecte des paramètres physiques, chimiques et biologiques du milieu marin, 24 p., juin 1997

Documents fournis par l'Académie des sciences

- Rapport sur « La politique française de recherche océanographique », 16 p., juin 1995
- Rapport sur les disciplines marines – Situation des Stations Marines, 47 p. + annexes, septembre 1993

Travaux antérieurs du CNER

- Évaluation de l'IFREMER, 1990-1991 :
 - rapport de caractérisation
 - expertises (océanographie par F. Webster ; halieutique par S. Garcia ; domaine littoral par C. Lévêque ; intervention sous-marine, activités liées à l'offshore, instrumentation scientifique, technologies navales et pêche par M. Custaud)

- rapport d’instruction
- rapport final, février 1992
- Bilan des suites données à l’évaluation de l’Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer, juin 1996
- Évaluation de l’INSU, 1990-1992 :
 - rapport de caractérisation
 - expertises (océanographie par F. Webster ; océanographie côtière par C. Lévêque ; sciences de la Terre par C. Bois)
 - rapport d’instruction
 - rapport final, février 1992
- Évaluation de l’ORSTOM, 1992-1994 :
 - rapport de caractérisation
 - expertises (océanographie et sciences de la Terre par F. Webster et B. Minster ; ressources aquatiques vivantes par M. Sinclair)
 - rapport d’instruction
 - rapport final, juillet 1994

ANNEXE 6

Décret n° 89-294 du 9 mai 1989 relatif au Comité national d'évaluation de la recherche

Le Président de la République,

Sur le rapport du Premier ministre et du ministre de la recherche et de la technologie.

Vu la loi n° 82-610 du 15 juillet 1982 d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique de la France ;

Vu la loi n° 85-1376 du 23 décembre 1985 relative à la recherche et au développement technologique ;

Vu le décret n° 82-1012 du 30 novembre 1982 relatif au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie ;

Vu le décret n° 85-258 du 21 février 1985, modifié par le décret n° 88-107 du 7 décembre 1988, relatif à l'organisation et au fonctionnement du Comité national d'évaluation des établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel ;

Vu le décret n° 88-838 du 20 juillet 1988 relatif aux attributions du ministre de la recherche et de la technologie ;

Après avis du Conseil d'État (section des travaux publics) :

Le conseil des ministres entendu,

Décète :

Article 1^{er}

Il est créé un Comité national d'évaluation de la recherche chargé d'apprécier la mise en oeuvre et les résultats de la politique nationale de recherche et de développement technologique définie par le Gouvernement. À ce titre le comité exerce les missions définies aux articles 14 et 15 de la loi du 23 décembre 1985 susvisée.

À cet effet :

- il définit des méthodes objectives d'évaluation appropriées aux organismes, aux programmes et aux procédures qui doivent faire l'objet d'une évaluation ;

- il établit, dans les conditions prévues aux articles 14 et 15 de la loi du 23 décembre 1985 susvisée, les bilans et les rapports concernant les programmes de recherche et de développement technologique, les organismes publics de recherche mentionnés aux dits articles.

Lorsqu'elles concernent les établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel, les interventions du comité national sont effectuées en liaison avec le comité national d'évaluation régi par le décret du 21 février 1985 modifié susvisé.

Pour l'exécution des tâches énoncées aux alinéas précédents, le comité national d'évaluation prend l'attache des instances d'évaluation existantes dans les établissements et les services qu'il examine et bénéficie de leur concours.

Article 2

Les travaux du comité national doivent permettre d'apprécier le bien-fondé des orientations et des choix scientifiques et technologiques retenus, l'adéquation des moyens affectés aux programmes, l'efficacité des coopérations mises en oeuvre notamment avec les entreprises, les progrès réalisés dans le domaine de la formation.

Pour chaque organisme, programme ou procédure qui en est l'objet, les évaluations prennent en compte les implications économiques, industrielles, sociales et culturelles des résultats scientifiques et techniques escomptés. Elles apprécient l'intérêt éventuel de ces résultats et

de leurs implications à l'échelle européenne et internationale.

Article 3

Le comité assure, à son initiative ou sur la demande du ministre chargé de la recherche, après consultation du ou des ministres intéressés, l'évaluation périodique des organismes, des programmes, des incitations de toute nature dont le financement figure au budget civil de la recherche et du développement technologique.

Il peut, en outre, effectuer l'évaluation des organismes et des programmes autres que ceux mentionnés à l'alinéa précédent, à la demande du ministre dont ils relèvent et dans les conditions définies en accord avec celui-ci.

Le comité national peut procéder sur la demande de leurs dirigeants à l'évaluation des organismes privés de recherche et des programmes dont ils ont pris l'initiative.

Article 4

Le comité national d'évaluation soumet au ministre chargé de la recherche et, le cas échéant, aux autres ministres intéressés les suggestions qu'il estime de nature à améliorer l'orientation et l'exécution des programmes, l'efficacité des organismes qui en ont la charge ainsi que celle des procédures d'accompagnement. Il peut recommander les modifications de structures et de textes qui lui paraissent mieux répondre aux finalités économiques, sociales et culturelles des activités de recherche scientifique et de développement technologique.

Les suggestions et les recommandations ainsi présentées sont, le cas échéant, soumises pour avis au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie dans les conditions prévues par le décret du 10 novembre 1982 susvisé.

Article 5

Les analyses du Comité national d'évaluation de la recherche, consignées dans des rapports particuliers à chaque organisme, programme et procédure, sont adressées au ministre chargé de la recherche et de la technologie et, le cas échéant, aux autres ministres concernés.

Un rapport annuel adressé au Président de la République et rendu public retrace les activités du comité. Il reprend notamment les principaux éléments des analyses dont la publication est prévue par les articles 14 et 15 de la loi du 23 décembre 1985 susvisée.

Afin de lui permettre de rendre l'avis annuel sur l'évaluation de la politique de recherche

prévu à l'article 18 de la loi du 23 décembre 1985 susvisée, le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie reçoit une ampliation des rapports et des bilans établis par le comité national d'évaluation.

Article 6

Le Comité national d'évaluation de la recherche organise lui-même ses travaux : il établit son règlement intérieur, fixe le programme de ses activités et arrête le contenu de chacune de ses évaluations

Article 7

Pour chaque évaluation d'organisme, de programme ou de procédure, le comité national d'évaluation peut faire appel, en tant que de besoin, à des experts français ou étrangers.

En application de l'article 6 et 25 de la loi du 15 juillet 1982 susvisée, les évaluations font l'objet d'un examen contradictoire avec les responsables et les représentants des personnels des organismes et des programmes qu'elles concernent.

Le comité établit périodiquement un bilan rendu public des suites données aux évaluations.

Article 8

Les services ministériels et les organismes publics de recherche, et notamment les instances d'évaluation de ces derniers, doivent communiquer au comité national d'évaluation, à sa demande et dans le délai qu'il impartit, les données quantitatives et qualitatives nécessaires à l'accomplissement de ses missions.

Les membres du comité national et les experts procèdent, en tant que de besoin, à leurs évaluations sur place en visitant les organismes et services de recherche. Ils sont tenus au secret des informations qu'ils recueillent au regard notamment des prescriptions relatives à la protection de la propriété industrielle et intellectuelle.

Article 9

Le Comité national d'évaluation de la recherche comprend dix membres nommés par décret pris en conseil des ministres sur proposition du ministre chargé de la recherche, soit :

a) Quatre membres représentatifs de la communauté scientifique et technique choisis sur deux listes de six noms présentées respectivement par :

- Le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie :

- l'Académie des sciences :

b) Quatre personnalités qualifiées choisies en raison de leur compétence dans les domaines économique, social, culturel, scientifique et technique :

c) Un membre du Conseil d'État, en activité ou honoraire, choisi sur une liste de trois noms proposés par l'assemblée générale plénière :

d) Un membre de la Cour des comptes, en activité ou honoraire, choisi sur une liste de trois noms proposés par cette juridiction.

Les fonctions de membre du Comité national d'évaluation de la recherche sont incompatibles avec la qualité de président, de directeur général ou de directeur scientifique d'un organisme de recherche, ainsi qu'avec la qualité de membre du Conseil supérieur de la recherche et de la technologie ou du Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Article 10

Le président du Comité national d'évaluation de la recherche est nommé parmi les membres du comité, par décret en conseil des ministres, sur proposition du ministre chargé de la recherche pour la durée de son mandat de membre du comité.

Article 11

Les membres du comité sont nommés pour une période de six ans, non renouvelable.

Le comité est renouvelé par moitié tous les trois ans.

Lors de la première séance du comité, sont désignés, par tirage au sort entre tous les membres, à l'exclusion du président, ceux de ses membres dont le mandat sera limité à trois ans.

Les membres dont le mandat viendrait à être interrompu pour quelque cause que ce soit sont remplacés dans leurs fonctions dans un délai de deux mois. Lorsqu'il s'agit de membres représentatifs de la communauté scientifique et technique, leurs remplaçants sont choisis parmi les personnes dont le nom figure sur les listes mentionnées au a de l'article 9. Le mandat des nouveaux membres ainsi nommés expire à la date à laquelle aurait normalement pris fin celui de leur prédécesseur.

Les membres nommés pendant la dernière année du mandat de leur prédécesseur peuvent voir leur mandat renouvelé une fois.

Article 12

Le comité national d'évaluation se réunit en séance plénière sur la convocation de son président, à l'initiative de celui-ci ou à la demande des deux tiers au moins de ses membres.

Le quorum est atteint lorsque les deux tiers des membres sont présents.

Article 13

Les crédits nécessaires au fonctionnement du Comité national d'évaluation de la recherche et de son secrétariat sont inscrits au budget du ministère chargé de la recherche et de la technologie.

Article 14

Les membres du Comité et les experts reçoivent une indemnité à l'occasion de leurs fonctions.

Le nombre maximal des vacations auxquelles peuvent prétendre annuellement chaque membre du comité national et chacun des experts ainsi que le taux de ces vacations sont fixés par arrêté conjoint du ministre chargé du budget et du ministre chargé de la recherche. Le président du comité arrête le nombre des vacations effectuées par chaque membre et chaque expert.

Article 15

Les membres du Comité national d'évaluation de la recherche bénéficient du remboursement de leurs frais de transport dans les mêmes conditions que celles applicables aux personnels civils de l'État.

Les mêmes dispositions s'appliquent aux experts appelés à participer aux travaux du comité national.

Les membres du comité et les experts n'ayant pas la qualité de fonctionnaires ou d'agents de l'État sont, pour l'application du présent article, classés dans le groupe I prévu par les décrets n° 53-511 du 21 mai 1953 modifié, n° 66-619 du 10 août 1966 modifié, n° 71-647 du 30 juillet 1971 modifié ainsi que par le décret n° 78-1149 du 7 décembre 1978.

Article 16

Le Premier ministre, le ministre d'État, ministre de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports, le ministre d'État, ministre de l'économie, des finances et du budget, le ministre d'État, ministre des affaires étrangères, le garde des sceaux, ministre de la justice, le ministre de la défense, le ministre de l'intérieur, le ministre de l'industrie et de l'aménagement du territoire, le ministre de

l'équipement, du logement, des transports et de la mer, le ministre du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle, le ministre de la coopération et du développement, le ministre de la culture, de la communication, des grands travaux et du Bicentenaire, le ministre des départements et territoires d'outre-mer, porte-parole du Gouvernement, le ministre de l'agriculture et de la forêt, le ministre des postes, des télécommunications et de l'espace, le ministre de la solidarité, de la santé et de la protection sociale, le ministre de la recherche et de la technologie, le ministre délégué auprès du ministre d'État, ministre de l'économie, des finances et du budget, chargé du budget, le ministre délégué auprès du ministre de l'équipement du logement, des transports et de la mer, chargé de la mer, le ministre délégué auprès du ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, chargé du logement, le secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé du Plan, le secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé de l'environnement et de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs, et le secrétaire d'État auprès du ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, chargé des transports routiers et fluviaux, sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 9 mai 1989.

FRANÇOIS MITTERRAND

Par le Président de la République :

Le Premier Ministre.
MICHEL ROCARD

Le ministre de la recherche et de la technologie.
HUBERT CURIEN

Le ministre d'État, ministre de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports.
LIONEL JOSPIN

Le ministre d'État, ministre de l'économie, des finances et du budget.
PIERRE BÉRÉGOVOY

Le ministre d'État, ministre des affaires étrangères.
ROLAND DUMAS

Le garde des sceaux, ministre de la justice.
PIERRE ARPAILLANGE

Le ministre de la défense.
JEAN PIERRE CHEVÈNEMENT

Le ministre de l'intérieur.
PIERRE JOXE

Le ministre de l'industrie et de l'aménagement du territoire.
ROGER FAUROUX

Le ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer,
MICHEL DELEBARRE

Le ministre du travail, de l'emploi, et de la formation professionnelle.
JEAN-PIERRE SOISSON

Le ministre de la coopération et du développement.
JACQUES PELLETIER

Le ministre de la culture, de la Communication, des grands travaux et du Bicentenaire.
JACK LANG

Le ministre des départements et territoires d'outre-mer, porte-parole du Gouvernement.
LOUIS LE PENSEC

Le ministre de l'agriculture et de la forêt.
HENRI NALLET

Le ministre des postes, des télécommunications et de l'espace.
PAUL QUILÈS

Le ministre de la solidarité, de la santé et de la protection sociale.
CLAUDE ÉVIN

Le ministre délégué auprès du ministre d'État, ministre de l'économie, des finances et du budget, chargé du budget.
MICHEL CHARASSE

Le ministre délégué auprès du ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, chargé de la mer.
JACQUES MELLICK

Le ministre délégué auprès du ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, chargé du logement.
LOUIS BESSON

Le secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé du Plan.
LIONEL STOLERU

Le secrétaire d'État auprès du Premier ministre, chargé de l'environnement et de la prévention, des risques technologiques et naturels majeurs.
BRICE LALONDE

Le secrétaire d'État auprès du ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, chargé des transports routiers et fluviaux.
GEORGES SARRE

ANNEXE 7

Liste des sigles utilisés

A & P	Agriculture et pêches (<i>programme européen</i>)
ASE	Agence spatiale européenne
BAS	British Antarctic Survey
BCRD	Budget civil de recherche et de développement
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
BRITE	Basic Research for Industrial Technology in Europe
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
CEMAGREF	Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts
CEPMET	Centre européen de prévision météorologique à moyen terme (<i>Reading</i>)
CERFACS	Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique
CFD	Caisse française de développement
CGM	Compagnie générale maritime
CHM	Capital humain (<i>3^e PCRD</i>)
CIEM	Conseil international pour l'exploration de la mer
CIRGAS	Comité inter-régional Golfe de Gascogne
CIRMANOR	Comité inter-régional Manche-Mer du Nord
CIRMAT	Comité inter-régional Manche-Atlantique
CIRMED	Comité inter-régional Méditerranée

CLIVAR
 Climate Variability and Prediction
 CMO
 Centre militaire d'océanographie (*SHOM*)
 CNER
 Comité national d'évaluation de la recherche
 CNES
 Centre national d'études spatiales
 CNEVA
 Centre national d'études vétérinaires et alimentaires
 CNEXO
 Centre national d'exploitation des océans
 CNRS
 Centre national de la recherche scientifique
 COMEXO
 Comité pour l'exploitation des océans
 COSIREC
 Comité d'orientation scientifique des recherches en environnement côtier
 CSRT
 Conseil supérieur de la recherche et de la technologie
 CZCS
 Coastal Zone Color Scanner
 DCN
 Direction des constructions navales
 DCP
 Dispositif de concentration de poissons
 DEA
 Diplôme d'études approfondies
 DGA
 Délégation générale à l'armement
 DGRST
 Délégation générale à la recherche scientifique et technique
 DITI
 Direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique (*IFREMER*)
 DMON
 Direction des moyens et des opérations navals (*IFREMER*)
 DOM-TOM
 Départements et territoires d'outre-mer
 DORIS
 Détermination précise d'Orbite et Padio-positionnement Intégrés par Satellite
 DYTEC
 Programme « Dynamique de la terre et évolution du climat »
 ELOISE
 European Land Ocean Interaction Studies
 ENSO
 El Niño – Southern Oscillation

EPHE
 École pratique des hautes études
 EPIC
 Établissement public à caractère industriel et commercial
 EPST
 Établissement public à caractère scientifique et technologique
 EURAM
 European Research Applied on Materials
 FAC
 Fonds d'aide à la coopération
 FAIR
 Fisheries and Agroindustry Research
 FAO
 Food and Agriculture Organisation
 FMC
 Formation et mobilité des chercheurs / *Training and Mobility of Researchers*
 (4^e PCRD)
 GENAVIR
 Groupement pour la gestion de navires océanologiques
 GIE
 Groupement d'intérêt économique
 GIP
 Groupement d'intérêt public
 GLOBEC
 Global Ocean Ecosystem Dynamics
 GOOS
 Global Ocean Observing System
 GRGS
 Groupe de recherche en géodésie spatiale (*Toulouse*)
 ICCAT
 International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna
 ICRAM
 Istituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare (*Italie*)
 IEO
 Instituto Español de Oceanografía
 IFREMER
 Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
 IFRTP
 Institut français pour la recherche et la technologie polaires
 IMAGES
 International Marine Global Change Study
 INCO
 Coopération internationale (4^e PCRD)
 INRA
 Institut national de la recherche agronomique
 INSERM
 Institut national de la santé et de la recherche médicale

INSU
 Institut national des sciences de l'univers (*CNRS*)
 IPOD
 International Programme of Ocean Drilling
 ISTPM
 Institut scientifique et technique des pêches maritimes
 ITA
 Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs
 JGOFS
 Joint Global Ocean Flux Study
 LASAA
 Laboratoire de Schlérochronologie des Animaux Aquatiques
 LEGI
 Laboratoire d'écoulements géophysiques et industriels (*Grenoble*)
 LODYC
 Laboratoire d'océanographie dynamique et de climatologie
 LOICZ
 Land Ocean Interaction in the Coastal Zone
 LPO
 Laboratoire de physique de l'océan
 MAREL
 Mesures automatisées en réseau pour l'environnement littoral (bouée)
 MAST
 Marine science and technology
 MATER
 Mass Transfer and Ecosystem Response
 MF
 Million (s) de francs
 NASA
 National Aeronautics and Space Agency
 NERC
 Natural Environment Research Council (*Grande Bretagne*)
 N/O
 Navire océanographique de recherche
 NOAA
 National Oceanographic and Atmospheric Agency (*États-Unis*)
 OBS
 Ocean Bottom Sismometer
 ODP
 Ocean Drilling programme
 OFM
 Observatoire fond de mer
 ORSTOM
 Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération
 PAGES
 Past Global Changes (*PIGB*)

PATOM
 Programme national atmosphère et océan à moyenne échelle
 PCP
 Politique commune des pêches
 PCRD
 Programme-cadre de recherche et développement (*Union européenne*)
 PEP
 Pôle-Équateur-Pôle
 PIGB
 Programme international « Géosphère-Biosphère »
 PNDR
 Programme national d'étude du déterminisme du recrutement
 PNEAT
 Programme national « Efflorescences algales toxiques »
 PNEDC
 Programme national d'étude de la dynamique du climat
 PNOC
 Programme national d'océanographie côtière
 PNRCO
 Programme national « Récifs coralliens »
 PNRN
 Programme national de recherche sur la prévision et la prévention des risques naturels
 PNTS
 Programme national de télédétection spatiale
 R. et D.
 Recherche et développement (technologique)
 RÉMI
 Réseau de surveillance microbiologique
 RÉPHY
 Réseau de surveillance du phytoplancton et des phytotoxines
 RNO
 Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin
 ROV
 Remotely Operated Vehicle
 SAR
 Système acoustique remorqué
 SAR
 Synthetic Aperture Radar
 SDU
 Sciences de l'univers (*département scientifique du CNRS*)
 SDV
 Sciences de la vie (*département scientifique du CNRS*)
 SeaWiFS
 Sea-viewing Wide-Field-of-view Sensor
 SHOM
 Service hydrographique et océanographique de la Marine nationale

SLT
Séries à long terme
STD
Science et technologie pour le développement (3^e PCRD)
TAAF
Terres australes et antarctiques françaises
TAC
Totaux admissibles de captures
TOGA
Tropical Ocean and Global Atmosphere
UMR
Unité mixte de recherche
UPR
Unité propre de recherche
URA
Unité de recherche associée
VARIANTE
Programme « Variabilité de l'environnement de la terre »
WOCE
World Ocean Circulation Experiment

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	5
COMPOSITION DU COMITÉ	7
AVANT-PROPOS	9
<i>L'objet de la saisine</i>	9
<i>La démarche adoptée</i>	9
• Les documents de référence existants	9
• Le recueil d'informations	10
• Déroulement des travaux	10
INTRODUCTION : Les enjeux actuels de l'océanographie	13
Avis et recommandations du CNER	19
Les programmes de recherche et leurs orientations	19
<i>L'environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques</i>	20
<i>L'océanographie côtière</i>	22
<i>Les recherches halieutiques</i>	24
<i>La vie dans l'océan profond</i>	25
<i>Les grands fonds et les marges océaniques</i>	26
<i>Les technologies marines nécessaires à la recherche océanographique</i>	28
Les moyens (hors flotte) et l'organisation des programmes	30
<i>Les laboratoires et les personnels</i>	30
<i>Financements incitatifs nationaux et financements européens et programmes internationaux</i>	31
• Le constat	31
• Les recommandations	32
La flotte et l'évaluation des demandes de campagne à la mer	34
<i>Recommandations concernant la flotte</i>	34
• La flotte et les engins de pénétration sous-marine	34
• Le support technique (développement et mise en œuvre de la flotte et des outils)	38
• Les taux d'utilisation des flottes	39
• La gestion des flottes de recherche	42
• Recommandations sur la gestion des flottes	44
• Recommandations sur l'évolution de la flotte de recherche	45
<i>Recommandations sur l'évaluation des demandes de campagne et la programmation de la flotte aux fins de recherche</i>	47
<i>Les perspectives européennes</i>	50

Observations et réponses des organismes sur le rapport d'évaluation du CNER	53
Réponses de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)	54
Réponses de l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP)	61
Réponses du Centre national de la recherche scientifique et de l'Institut national des sciences de l'univers (CNRS-INSU)	67
Réponses de l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)	72
Annexes	77
AVERTISSEMENT	79
ANNEXE 1	
Programmes de recherche en océanographie et campagnes à la mer	81
Environnement planétaire : le climat (passé, présent, futur), la dynamique océanique et les grands cycles biogéochimiques	81
<i>La dynamique océanique, les couplages océan-atmosphère et la pré- vision climatique</i>	81
• L'océan tropical et l'atmosphère globale (Tropical Ocean and Global Atmos- phere – TOGA)	82
• Étude de la circulation de l'océan mondial (World Ocean Circulation Experiment WOCE)	84
• La dynamique océanique et les échanges océan-atmosphère à méso-échelle (programme national « Atmosphère et Océan à moyenne échelle » PATOM)	85
• Avis du CNER et perspectives concernant les recherches sur la dynamique océanique, les couplages océan-atmosphère et la prévision climatique (projet TOGA et CLIVAR, projet WOCE et programme PATOM)	86
<i>L'océan et les grands cycles biogéochimiques</i>	87
• Avis du CNER et perspectives concernant les recherches sur l'océan et les grands cycles biogéochimiques (projet CO ₂ du PNEDC et programme JGOFS)	90
<i>L'océan et les climats du passé</i>	90
• Avis du CNER	93
L'océanographie côtière	94
<i>Le programme national d'océanographie côtière (PNOG)</i>	94
<i>Le programme national « Récifs Coralliens » (PNRCO)</i>	97
<i>Le programme national « Efflorescences Algales Toxiques » (PNEAT)</i>	99
<i>Le programme national d'étude du déterminisme du recrutement (PNDR)</i>	101
<i>L'observation et la surveillance du milieu côtier</i>	103
<i>Avis du CNER et perspectives concernant l'océanographie côtière</i>	105
Les recherches halieutiques	106
<i>Objectifs, méthodes, chantiers et résultats marquants</i>	107
• Suivi des captures, des pêcheries et de l'état des stocks exploités	107
• Approches scientifiques « amont »	110
<i>Organismes et équipes impliqués</i>	112
<i>Campagnes à la mer pour la période 1994 à 1996</i>	113

<i>Publications et actions de formation entre 1994 et 1996</i>	114
<i>Avis du CNER et perspectives des recherches halieutiques</i>	115
Biologie de l'océan profond	116
Marges océaniques et exploration des grands fonds	120
<i>Programme de forages océaniques (Ocean Drilling Programme)</i>	120
<i>Programme international Inter-Ridge (volet français : « Dorsales »)</i>	123
<i>Les marges océaniques et les processus sédimentaires associés</i>	125
<i>Avis du CNER</i>	127
Technologies marines : l'instrumentation océanographique	128
Les systèmes satellitaires	131
<i>Avis du CNER</i>	138
Recherche française en océanographie et programmes européens	140
<i>Le programme science et technologie marines (MAST)</i>	141
<i>Financements communautaires</i>	142
ANNEXE 2	
Les moyens à la mer, leur gestion et leur programmation	145
Un bref historique	145
La flotte hauturière	146
Les submersibles	147
Les flottes côtières	149
Les outils lourds embarqués et les engins autonomes de mesure en mer	150
<i>Les outils lourds et embarqués</i>	150
<i>Le matériel océanographique</i>	151
<i>Personnel impliqué dans le développement et la mise en œuvre de la flotte et des équipements de recherche</i>	152
Modes de gestion et coûts d'exploitation, de maintenance et de développement des flottes et des équipements	152
<i>Gestion par l'IFREMER et le GIE GENAVIR</i>	153
<i>Gestion par l'IFRTP</i>	153
<i>Gestion par l'INSU</i>	154
<i>Gestion par l'ORSTOM</i>	154
<i>Les coûts d'exploitation, de maintenance et de développement de la flotte et des outils</i>	155
Les flottes européennes et la coopération internationale	155
<i>Potentiel des flottes allemande et britannique</i>	155
<i>Résultats de l'accord tripartite de 1996 – échanges de « temps-navire »</i>	158
<i>Autres mécanismes européens d'échanges</i>	159
<i>Modes de gestion et de programmation des flottes chez nos principaux partenaires</i>	159
La programmation et l'utilisation des navires	160
<i>Historique</i>	160
<i>Programmation et utilisation de la flotte hauturière</i>	162
• Modes d'évaluation et de programmation des campagnes	162
• Pression des demandes	164
• Avis sur la procédure d'évaluation des demandes de campagne	165
• Campagnes réalisées dans le cadre de projets communautaires	165
• Taux d'utilisation des navires hauturiers	165

<i>Programmation et utilisation des flottes côtières</i>	166
• Modes d'évaluation et de programmation des campagnes	166
• Taux d'utilisation des navires de façade	167
<i>Conclusions sur la programmation et l'utilisation des navires</i>	169
ANNEXE 3	
Tableaux récapitulatifs sur les dépenses consolidées de la recherche publique en océanographie – Estimations 1996 CNRS – IFREMER – IFRTTP – ORSTOM	171
ANNEXE 4	
Liste des personnes consultées	175
ANNEXE 5	
Liste des documents examinés	179
Documents fournis par l'IFREMER	179
<i>Documents institutionnels publiés</i>	179
<i>Documents relatifs aux programmes</i>	179
<i>Documents relatifs au personnel et aux budgets</i>	180
<i>Documents relatifs à la flotte, aux engins et aux campagnes à la mer</i>	181
<i>Documents relatifs aux développements technologiques</i>	182
<i>Documents relatifs à GENAVIR</i>	183
Documents fournis par l'INSU / CNRS-SDU	184
<i>Documents institutionnels publiés</i>	184
<i>Documents relatifs aux programmes</i>	184
• Climat et Environnement Planétaire	184
• Environnement côtier	185
• Terre Solide	185
<i>Documents relatifs au personnel et aux budgets</i>	185
<i>Documents relatifs à la flotte et à son activité</i>	186
<i>Documents relatifs aux développements technologiques</i>	187
<i>Documents relatifs au personnel marin INSU</i>	187
Documents fournis par l'ORSTOM	188
<i>Documents institutionnels publiés</i>	188
<i>Documents relatifs aux programmes</i>	188
<i>Documents relatifs au personnel et aux budgets</i>	188
<i>Documents relatifs aux développements technologiques</i>	189
<i>Documents relatifs à la flotte et à son activité</i>	189
Documents fournis par l'IFRTTP	189
<i>Documents institutionnels publiés</i>	189
<i>Documents relatifs à l'organisme</i>	189
<i>Documents relatifs aux programmes</i>	189
<i>Documents relatifs à la flotte et à son activité</i>	190
Documents fournis par le SHOM	191
<i>Documents institutionnels publiés</i>	191
<i>Documents relatifs à la flotte et à son activité</i>	191
Documents fournis par le ministère de l'Éducation nationale de la Recherche et de la Technologie	192
<i>Politique générale et personnel (DGRT, MST, DRIC)</i>	192

<i>Flotte océanographique</i>	192
<i>MST (Europe)</i>	193
• MAST	193
• Environnement et Climat	193
<i>MST (technologies)</i>	193
Documents fournis par l'Académie des sciences	193
Travaux antérieurs du CNER	193
ANNEXE 6	
Décret n° 89-294 du 9 mai 1989 relatif au Comité national d'évaluation de la recherche	195
ANNEXE 7	
Liste des sigles utilisés	199