

**Centre National
pour l'Exploitation des
Océans**

Programme d'orientation « océan »

août 1968

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT	Page	5
CHAPITRE 1. — L'UNIVERS OCEANIQUE	—	7
CHAPITRE 2. — LES CHOIX DU C.N.E.X.O.	—	23
CHAPITRE 3. — LES IMPLICATIONS DES CHOIX	—	65
CHAPITRE 4. — METHODES ET MOYENS DE REALISATION DU PROGRAMME.	—	83
CONCLUSION	—	97

ANNEXES

ANNEXE 1. — Budget du C.N.E.X.O. pour l'exercice 1968	Page	99
ANNEXE 2. — Engins, bases flottantes et navires océanographiques de plus de 20 mètres, en service ou en construction.	—	103
ANNEXE 3. — Principales campagnes du navire océanographique « Jean-Charcot » en 1966, 1967, 1968	—	113
ANNEXE 4. — Liste des organisations et groupements internationaux à vocation océanologique et auxquels la France appartient	—	123
TABLE DES MATIERES	—	139

AVERTISSEMENT

Mis en place au cours de l'année 1967, le Centre National pour l'Exploitation des Océans présente aujourd'hui un document qui indique, en les motivant, les axes principaux de l'effort national qu'il recommande de conduire pour préparer une exploitation plus étendue et plus rationnelle des ressources de la mer.

Comme son titre l'indique, le « Programme **d'orientation** » du C.N.E.X.O. n'est pas conçu comme un cadre rigide. Il ne s'agit en effet que d'une première approche dont les propositions, soumises à la sanction de l'expérience et bénéficiant des apports constructifs de toutes les parties prenantes, seront réajustées chaque année.

Le sommaire du document est révélateur des idées directrices qui ont présidé à sa composition. Les quelques mots d'explication qui suivent aideront cependant à mieux en saisir l'intention.

Si, après un bref rappel historique et une évocation de la conjoncture, on a, par exemple, inséré une description très simplifiée de l'**ensemble** de l'univers océanique, c'est qu'il convenait d'abord de présenter le vaste domaine de la recherche, de l'exploration et de l'exploitation des océans, non seulement pour en marquer l'étendue et la diversité, mais surtout pour mieux fixer le point de départ de toute réflexion sélective.

C'est dans le même esprit, mais cette fois en rétrécissant le champ de vision pour le centrer sur le domaine d'action privilégié du C.N.E.X.O. qu'est donnée, à la fin du même chapitre la situation des seuls moyens appliqués à **la recherche et au développement** (chapitre I).

Suivent **les choix** du C.N.E.X.O. C'est la partie principale du document. On y trouve exposés d'abord la méthodologie et les critères de choix. Puis, dans le cadre de cinq grands thèmes dits « thèmes orienteurs », est effectuée l'analyse des objectifs prioritaires et des opérations actuellement retenues pour les atteindre. A la fin du chapitre, l'attention est appelée sur les trois actions de support absolument indispensables pour l'exécution du programme (chapitre II).

Les choix effectués, il importait de voir quelles implications ils entraînent sur le plan scientifique et sur le plan technique (chapitre III), quelle politique nationale et internationale doit permettre de les concrétiser, quelles incidences économiques et financières ils peuvent entraîner (chapitre IV).

Enfin des renseignements divers (budget 1968 du C.N.E.X.O., liste des engins et navires français, campagnes océanographiques du « Jean-Charcot », organismes internationaux) sont donnés en annexe.

Nota. — Signalons au lecteur qu'il rencontrera souvent le substantif « océanologie » ; c'est qu'il paraît recouvrir une réalité plus vaste que le mot « océanographie » ; si ce dernier évoque surtout les études et les recherches qui visent à une meilleure connaissance des mers et de ce qu'elles renferment, l'« océanologie » représente l'ensemble des activités humaines, études diverses, pêche, transports, loisirs, exploitation pétrolière et minière, environnement industriel, questions juridiques, etc... dont les océans sont le point de convergence.

1.1. ACTUALITE DE L'OCEANOLOGIE

Concentrés sur 28 % de la surface de la planète, les peuples de la terre ont commencé de bonne heure, mais timidement, l'investigation de l'immensité océanique quienserre les continents.

L'océanographie fut, à l'origine, l'apanage des marins, et son histoire s'est confondue pendant des siècles avec celle de la navigation. Beaucoup plus que la curiosité scientifique, c'est le hasard des tempêtes ou l'esprit commercial qui ont permis aux coureurs d'océans, de l'Antiquité à la Renaissance, d'acquérir les premières connaissances océanographiques, limitées d'ailleurs à la surface des eaux et aux côtes qui les bordent.

La science océanographique commence avec le XVIII^e siècle, puis la révolution industrielle, lorsque marins et savants s'associent au sein de grandes « expéditions scientifiques » — telle celle du célèbre navire anglais « Challenger ». Les premiers sondages en eau profonde, les premières mesures systématiques, permettent alors de préciser les idées sur le fond de la mer, de découvrir notamment l'existence des plateaux continentaux. La plupart des pays d'Europe, les Etats-Unis, arment tour à tour des bâtiments océanographiques ; très vite, techniques et instruments se perfectionnent, observations et découvertes se succèdent. La seconde guerre mondiale donne à ces recherches une impulsion nouvelle, que prolongent de nos jours les perspectives économiques.

La prise de conscience collective de ce que peuvent représenter pour l'humanité les ressources océaniques est donc toute récente. Elle paraît due à la conjugaison de plusieurs phénomènes, dont certains d'ailleurs peuvent apparaître comme la conséquence ou la cause des autres ; ce sont essentiellement :

- l'habitude de plus en plus répandue, et pas seulement chez les scientifiques, de considérer le globe terrestre comme un tout : les satellites qui en font le tour, les progrès d'une géophysique globale tant marine que terrestre, le plateau continental compris comme le prolongement naturel (de plus en plus accessible) des continents, tout concourt à inclure l'océan dans le concept « Terre » ;
- l'explosion démographique, notamment dans le tiers-monde, qui conduit à s'interroger sur les compléments de ressources (eau, nourriture solide, énergie, matières premières) qu'elle exigera pour épargner au monde des catastrophes faciles à prévoir sinon à prévenir. Le problème dit de « la faim dans le monde » nous force à nous demander quelle part peut et doit être apportée par la production des « prairies marines » ;
- la familiarisation croissante de l'homme avec des techniques de pointe : nucléaire, spatiale, informatique. Les problèmes difficiles que pose la pénétration de l'homme sous la mer sont en effet peu à peu résolus, et les limites du personnel et du matériel ainsi repoussées toujours plus loin, grâce à la combinaison de ces techniques éprouvées : précision et fiabilité des appareils de mesure, emploi de structures à haute résistance, choix de matériaux de grande pureté et homogénéité, utilisation de télémanipulateurs, etc...
- la découverte en mer d'importants gisements de pétrole et de gaz. Cette prospection, puis cette exploitation, d'un style nouveau, font apparaître de délicats problèmes techniques dont la solution profite à tous les autres secteurs de l'océanologie.

En un mot, la **conjoncture** est particulièrement favorable au démarrage en France — à une autre échelle de grandeur que celle gravie jusqu'à présent — d'un programme

d'ensemble, tout à la fois sélectif (car on ne peut tout entreprendre simultanément) et cohérent, qui tienne compte de l'état de nos connaissances, de notre potentiel d'hommes compétents, de la priorité de certains objectifs, qui tienne compte aussi de l'extraordinaire compétition que les grands pays engagent pour la connaissance et l'exploitation du dernier « territoire à conquérir », celui de l'océan.

Mais avant de présenter ce programme, encore convient-il de reconnaître, à larges traits, le domaine auquel il s'applique et d'examiner les moyens et les structures existant en France.

1.2. L'ETUDE DES OCEANS

1.2.1. LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ACQUISES

« Ensemble des études et recherches effectuées sur la partie du globe recouverte « par les mers : masse des eaux, sol et sous-sol marins, zones limites des mers (surface « et littoral) », l'**océanographie** est l'exemple même des sciences multidisciplinaires qui se définissent en fonction du milieu auxquelles elles s'appliquent. Elle entretient des liens très étroits avec de nombreuses disciplines scientifiques ; ainsi est-elle tour à tour physique ou biologie, chimie ou géologie, selon le domaine qu'elle étudie ou les méthodes qu'elle utilise. Mais elle garde une profonde unité, qu'elle tire du lien créé par la mer entre tous les éléments, vivants ou inanimés, qui sont enveloppés, recouverts ou transportés par elle.

Aujourd'hui, pour spectaculaire que soit la somme des connaissances acquises, il faut bien reconnaître qu'il reste beaucoup à apprendre.

Quelle est la situation, pour les différentes disciplines scientifiques intéressées, des principales connaissances acquises ?

a) **Océanographie physique et chimique :**

L'océanographie physique étudie la nature de l'hydrosphère et ses propriétés spatiales et énergétiques. Pendant longtemps, l'effort s'était surtout porté vers une description des caractéristiques permanentes de l'hydrosphère en utilisant des réseaux d'observation à mailles très lâches. Depuis cette époque, on a cherché par une analyse plus poussée et plus fine à comprendre les causes de la distribution de ces propriétés et à analyser, et si possible prévoir, son évolution dans le temps. Cet effort s'est fait sur deux plans : théorique et expérimental. Des modèles théoriques de la circulation des océans ont été développés. Les processus d'échanges et de transferts d'énergie, en particulier à la frontière atmosphère-océan, ont été l'objet de mesures de plus en plus fines ; le problème est extrêmement compliqué car il s'agit d'un milieu dynamique, changeant, où mouvements aperiodiques et périodiques (couvrant tout le spectre des fréquences) sont sans cesse superposés. Les méthodes de mesure supposent donc l'usage d'une technologie avancée pour enregistrer en continu en de nombreux points un grand nombre de variables ; l'exploitation de ces mesures fait de plus en plus appel aux ordinateurs.

Les principaux progrès ont été :

- l'élaboration de modèles théoriques de la circulation océanique tenant compte de l'entraînement des vents et des caractéristiques intrinsèques de température et de salinité (donc de densité) des masses d'eaux profondes ;

- l'avance dans la compréhension des mécanismes d'échange et de transfert d'énergie entre l'atmosphère et la mer et une estimation plus rigoureuse des bilans globaux d'énergie ;
- l'étude des mécanismes de diffusion turbulente à l'intérieur des masses d'eau, essentielle à la compréhension des phénomènes de pollution, grâce à l'emploi de traceurs naturels et artificiels ;
- la prédiction à courte échéance de l'évolution de la couche superficielle en certaines régions en utilisant, dans une approche empirique, de nombreux points de mesure et des ordinateurs traitant les données en temps réel.

Quant à l'océanographie chimique elle a pour objet l'étude qualitative et quantitative des éléments et des composés présents dans l'eau de mer, de leurs réactions, de leur distribution spatiale et temporelle. Dans son ensemble le problème est posé par ce paradoxe apparent que la quantité des différents éléments présents dans l'eau de mer n'est pas proportionnelle à la quantité des éléments apportés par les eaux continentales, mais inversement proportionnelle à la facilité de passage à l'état insoluble par réactions chimiques. L'océanographie chimique est en partie liée à la biologie et à la microbiologie, en ce sens que de nombreux éléments ont une distribution spatio-temporelle profondément affectée par les processus de biosynthèse et de fixation collective, et que les phénomènes microbiens remettent en solution les éléments immobilisés lors des dégradations de matière organique.

La première phase de recherche, d'ordre descriptif et analytique, a consisté à faire l'inventaire de tous les éléments présents dans l'eau de mer, mais pour de nombreux éléments, nos connaissances sont encore limitées aux eaux superficielles.

Très tôt cependant, apparut la nécessité de concevoir la chimie océanique dans une perspective dynamique et les travaux actuels s'orientent vers l'étude fine des conditions physicochimiques et des phénomènes biologiques qui interviennent dans la distribution et la transformation des éléments.

b) Océanographie biologique :

L'étude descriptive des êtres vivants dans le milieu océanique et de leurs peuplements a largement précédé les recherches dynamiques sur le fonctionnement des systèmes biologiques et les mécanismes qui y entrent en jeu.

Sur le plan descriptif on évalue globalement aux deux tiers du total réel le nombre de formes actuellement recensées. Selon le domaine marin considéré (domaines pélagique et benthique) l'état actuel d'avancement des connaissances purement descriptives est très inégal ; assez avancé pour le domaine pélagique et pour les formes benthiques du plateau continental, l'inventaire des espèces est fort incomplet en ce qui concerne les espèces de grande profondeur, ainsi que les formes de régions océaniques peu explorées. Nos lacunes sont encore plus manifestes lorsqu'on considère les groupements d'espèces (biocénoses ou communautés) à l'échelle de l'océan mondial ; plus de la moitié des communautés pélagiques existantes a été étudiée, alors qu'on ne connaît guère qu'un dixième seulement des communautés benthiques, beaucoup plus diversifiées géographiquement. Les associations bactériennes pélagiques ou benthiques, dont le rôle est essentiel dans le cycle général de la matière vivante, ont été encore très peu étudiées.

Les communautés marines, dans leur ensemble, ne sont d'ailleurs bien connues que du point de vue qualitatif, et les études descriptives quantitatives ne sont encore ni suffisamment généralisées, ni normalisées (ce qui rend difficile voire impossible, toute confrontation de résultats).

L'étude fonctionnelle des synthèses biologiques inventoriées est directement liée à la notion de chaîne alimentaire (notion que l'on tend à remplacer par celle des transferts d'énergie entre deux niveaux trophiques successifs), soit, en dernier ressort,

à la production biologique. Selon le niveau de production considéré, les connaissances actuelles sont extrêmement variables. La production primaire de matière organique à partir des sels minéraux en solution et de l'énergie solaire par le plancton végétal est mesurée avec précision en de très nombreuses stations, et l'on se préoccupe aujourd'hui du traitement automatique des données (encore doit-on ajouter que la signification physiologique exacte de la méthode adoptée demeure controversée).

Les différents niveaux secondaires consommateurs (herbivores, prédateurs et mangeurs de détritiques ou particules) sont par contre très peu connus de même que l'ensemble du réseau alimentaire entre les constituants d'une communauté déterminée ; les mesures de la production ne s'appliquent avec rigueur qu'à des espèces isolées à cycle biologique particulier. Il en résulte que le rapport « production/biomasse », bonne expression de la richesse d'une aire donnée, n'est connu avec précision qu'en des zones limitées, et pour des espèces particulières ou des communautés simples.

Les résultats acquis dans le domaine du **comportement des espèces** ne concernent qu'un très petit nombre de formes, ayant un intérêt économique, et s'appliquent à des aires géographiques limitées. Les moyens d'évaluation des populations et de leur évolution dynamique (dont dépend l'exploitation rationnelle des ressources) sont également limités, et ne permettent pas encore d'éviter la surexploitation. D'une façon générale, au regard des besoins à venir d'une aquiculture à grande échelle, il semble que le rythme d'acquisition des connaissances soit insuffisant.

En ce qui concerne la biochimie, discipline en plein essor, on connaît la constitution d'un certain nombre d'organismes ayant le plus souvent un intérêt alimentaire. On entrevoit également l'influence d'un certain nombre de substances organiques en solution sur le comportement de reproduction, la croissance, etc...

Il faut enfin souligner que, en France notamment, les recherches d'ordre biologique, bien qu'elles soient le fait d'un grand nombre de laboratoires, se sont surtout développées au voisinage des côtes, faute de moyens de navigation suffisants, et que les nécessités de la pêche moderne notamment exigent qu'elles soient désormais davantage axées sur le grand large.

c) Océanographie géologique et géophysique :

L'océanographie géologique et géophysique a pour objet l'étude de la nature des fonds marins et des structures profondes qu'ils recouvrent, ainsi que celle de leur évolution à travers les temps géologiques. Elle est un complément indispensable de la géologie et de la géophysique continentales puisqu'elle concerne 72 % de la surface du globe. Et pourtant si beaucoup de nos connaissances sur la géologie des continents ont cinquante ans ou plus, la plupart de nos connaissances sur les fonds marins ne remontent guère qu'à une vingtaine d'années.

En 1945, les informations que l'on avait sur les fonds abyssaux étaient extrêmement réduites. La morphologie était connue d'une manière très vague dans d'immenses régions. Quelques sondages éparpillés avaient fourni des renseignements sur la couche superficielle de sédiments. La géophysique marine profonde était inexistante, si l'on excepte les mesures ponctuelles du champ de pesanteur et du champ magnétique. Même le plateau continental, sous sa mince pellicule d'eau, malgré des efforts remarquables, n'avait été l'objet que de quelques études limitées.

Depuis, l'introduction massive de techniques nouvelles, mises en œuvre en particulier par les équipes de recherche de quelques grands centres océanographiques, a entraîné une succession de découvertes fondamentales qui s'intègrent dans un schéma général d'où semble déjà se dégager une explication d'ensemble des mécanismes d'évolution du globe, et en particulier du renouvellement des fonds océaniques et de la dérive des continents. C'est l'étude des profondeurs océaniques qui apporte à la géologie et à la géophysique continentales la solution de problèmes qu'un siècle d'efforts

n'avait pu vaincre. C'est de l'étude des océans que viendra très probablement la solution de problèmes à incidence économique, comme la raison de la formation et de la localisation des structures orogéniques et tectoniques et des ressources minières qui peuvent y être attachées, et la cause de l'activité sismique ainsi que la raison de son intensité relative.

On ne peut citer ici que quelques-unes des découvertes de ces vingt dernières années. Grâce aux techniques de sismique réfraction, on a déterminé les différences fondamentales de structure entre océans et continents, de part et d'autre de la marge continentale, et on a reconnu, à l'intérieur des océans, la structure toute particulière des dorsales médio-océaniques. L'emploi de magnétomètres amena la découverte des grandes anomalies magnétiques linéaires qui sont l'argument le plus frappant en faveur de l'hypothèse du renouvellement des fonds océaniques et de la dérive des continents. Grâce au gravimètre de surface on détecta l'existence de zones anormales dans le manteau supérieur sous les océans. Les mesures de flux de chaleur révélèrent le paradoxe de l'égalité des flux thermiques océaniques et continentaux, maintenant expliqué par la convection du manteau. Les mesures de sismique réflexion mirent en évidence le déficit important des océans en sédiments, déficit inexplicable à moins d'admettre un renouvellement continu des fonds océaniques, etc...

De même, en géologie marine, le développement de méthodes de forage profond, en liaison avec les méthodes de datage (radiométrique et paléomagnétique) a permis une synthèse préliminaire de l'évolution de la sédimentation et des climats durant le Pléistocène. Et cette synthèse sera étendue dans un avenir proche à la dernière centaine de millions d'années des temps géologiques grâce au projet américain de carottages profonds JOIDES (1). Quarante forages sont prévus, dont certains par près de 6.000 m de profondeur. Les premiers forages commenceront cette année sur les « dômes de sel » profonds du golfe du Mexique.

Ainsi le fait d'avoir mis à la disposition de chercheurs audacieux, au moment opportun, des moyens de travail adaptés et suffisamment importants, a permis d'amorcer l'exploration systématique des deux-tiers cachés de la surface du globe et d'obtenir en quelques années une moisson de découvertes presque inespérées.

1.2.2. LES MOYENS TECHNOLOGIQUES EXISTANTS

La longue évolution de l'océanographie s'est accompagnée parallèlement de celle de la technologie.

Pendant longtemps, les opérations de mesures et de prélèvements d'échantillons ont été menées à partir de la surface sur les navires de recherches : elles restaient alors ponctuelles et discontinues dans le temps.

La nécessité s'est donc vite fait sentir d'adjoindre aux navires des plateformes fixes, assurant la permanence des mesures : bouées ordinaires équipées de capteurs et d'enregistreurs, bouées-laboratoires habitées à partir desquelles peuvent s'effectuer, en un point donné et à longueur d'années, les opérations de recherche les plus complexes ; l'on se prépare aujourd'hui à développer la technique des bouées automatiques qui transmettront leurs observations par radio, à des satellites notamment.

Enfin, pour s'affranchir des servitudes de la surface, le soin de relever les valeurs des paramètres physiques est de plus en plus confié à des appareils autonomes, enregistrant ces données *in situ*.

Il est à peine utile de souligner l'amélioration constante de l'appareillage dont on exige une précision chaque jour plus grande et que l'on soumet à des conditions d'emploi de plus en plus sévères.

(1) "Joint Oceanograph Institutions Deep Earth Sampling".

Le navire de surface n'est plus la seule plate-forme utilisée pour la mise en œuvre des instruments, et les engins sous-marins, qui donnent à l'homme un accès direct aux profondeurs, viennent compléter son rôle de vecteur.

C'est sans doute ici que l'évolution est la plus spectaculaire. On assiste à une floraison d'engins de types aussi variés que le sont leurs performances ou leurs missions. Les bathyscaphes permettent d'atteindre les plus grands fonds mais ils souffrent d'un manque de maniabilité qui leur fait préférer, pour des profondeurs moindres, les soucoupes plongeantes plus légères, capables d'évoluer plus rapidement, de s'immobiliser, d'étudier en pleine eau un détail précis ou de prélever un échantillon déterminé. Il faudrait citer encore les sous-marins de recherche, qu'il s'agisse de sous-marins militaires transformés ou de navires spécialement conçus à cet effet.

Toutefois, la construction et la mise en œuvre des engins lourds habités sont onéreuses ; aussi recourt-on souvent à des procédés d'investigation moins perfectionnés, mais plus économiques, traîneau porte-instruments et porte-caméras par exemple, qui permettent un premier et rapide dégrossissage.

Un des objectifs n'en reste pas moins l'occupation physique du fond de la mer et l'ère des installations immergées permanentes vient de s'ouvrir avec les expériences de type Précontinent et Sealab, tandis que les limites de la plongée autonome sont sans cesse repoussées.

La compréhension de la physiologie de l'homme sous pression a progressé considérablement au cours des dix dernières années. Après avoir mis en évidence la nocivité de l'oxygène sous fortes pressions (effet d'hyperoxie) et de l'azote (effet de narcose), les chercheurs ont pu définir des mélanges respiratoires autorisant le travail de l'homme à des immersions de plus en plus grandes, dans des conditions de sécurité toujours accrues (mélanges hélium-oxygène). Le cap des —300 m commence à pouvoir être dépassé de façon sûre mais pour des temps d'intervention encore brefs. On ne peut encore évaluer avec précision les limites de l'homme, et deux domaines sont encore peu étudiés :

- le bilan des échanges gazeux sous haute pression ;
- les problèmes physiologiques de la vie prolongée en profondeur.

Aussi varié et bien pourvu qu'il apparaisse à première vue, l'arsenal dont nous disposons est encore insuffisant ; le matériel s'use très vite à la mer et il se démode, car pour parvenir à une « conscience » synoptique et quasi-instantanée de la réalité physique et biologique des océans, combien complexe, il faut sans cesse imaginer des techniques nouvelles, toujours plus fines.

1.3. LES RESSOURCES DE LA MER ET LEUR EXPLOITATION ACTUELLE

L'exploration et l'étude des océans sont intimement liées à l'exploitation des ressources de la mer, soit que l'exploration et l'étude suggèrent l'exploitation de nouvelles ressources, soit qu'à l'inverse, l'accroissement des besoins satisfaits par l'océan oriente l'activité des explorateurs et des chercheurs.

Ces ressources sont multiples et variées : en effet, la mer offre à l'homme nourriture et matières premières, elle lui procure une voie de transport et une zone de défense, elle peut lui fournir énergie et santé, elle participe à ses loisirs et à sa culture.

1.3.1. L'OCEAN, SOURCE DE NOURRITURE

L'océan contient une masse de matière vivante considérable dont une partie peut être consommée par l'homme. Ce sont principalement les poissons et, dans une moindre

mesure, les mollusques, les crustacés et les algues, qui constituent l'apport de l'océan à la nourriture de l'homme.

Mais cette richesse est encore mal exploitée : en face du milliard de tonnes que représente la production mondiale de céréales et de riz en 1966, étonnamment faibles apparaissent les 57 millions de tonnes de poissons extraites des mers du globe la même année !

Plus grave est le fait que cette exploitation n'est pas rationnelle : les connaissances insuffisantes que nous avons des différentes espèces, de leurs migrations, de leurs taux de reproduction, etc... entraînent parfois des surexploitations locales, tandis que nous passons sans doute à côté d'immenses ressources.

Il apparaît primordial de poursuivre un énorme effort de connaissance du « capital » constituant la richesse des mers, et de « l'intérêt » qu'il est raisonnable de prélever pour la consommation humaine directe ou indirecte (farine de poissons, protéines de poissons...).

La « chaîne alimentaire » de tout ce qui vit dans les mers est complexe. Le choix des espèces à prélever en priorité dépend de la connaissance que nous avons de leur biologie, de leur comportement et de leurs relations avec les autres espèces. Où se situe « l'optimum » économique du prélèvement à effectuer tout au long de ce cycle ? Quels avantages tirerons-nous, quels risques prendrons-nous si nous favorisons la multiplication de telle espèce aux dépens de telle autre ? Voilà une première idée des problèmes fondamentaux à résoudre : ils nous obligent à sortir des méthodes de pêche du XX^e siècle ; le temps n'est sans doute pas éloigné où le traitement de ces problèmes sera confié aux ordinateurs d'où sortiront les renseignements nécessaires à la planification des campagnes de pêche, comme le tentent déjà certaines nations.

Mais, en outre, cette économie de cueillette doit évoluer vers une économie d'élevage ; le passage à l'aquiculture n'est d'ailleurs plus du domaine de l'utopie : si tout ou presque demeure à imaginer et à réaliser dans le domaine de l'élevage systématique des poissons, certaines formes d'élevage ont déjà leurs traditions : la conchyliculture, et tout spécialement en France l'ostréiculture, a fait l'objet de travaux méthodiques, rationnels, dont les résultats sont probants.

Cette perspective sur le devenir de l'exploitation des ressources vivantes de l'océan est une des chances très sérieuses de prolonger la terre productive des hommes par des champs marins dont le « rendement à l'hectare » surprendra plus d'un sceptique.

Réserve de nourriture « solide », l'océan est aussi source d'eau et s'il est certain que le problème de la soif n'est pas, pour l'instant du moins, aussi préoccupant que celui de la faim, il n'en constitue pas moins une menace à terme ; de nombreuses régions du globe manquent d'eau ; d'autres, quoique favorisées par les pluies et la présence de lacs ou de rivières, atteignent des taux de concentration humaine et des consommations industrielles tels que les ressources disponibles ne suffisent ou ne suffiront plus. Pour les unes comme pour les autres, la recherche par l'homme de moyens artificiels de « dessaler » l'eau de mer constitue un impératif de plus en plus pressant. Plusieurs techniques existent et ont été éprouvées. L'emploi de l'énergie nucléaire, comme source de chaleur, va permettre, pour de très grandes installations produisant de 3 à 500.000 m³/jour, d'atteindre bientôt le seuil de rentabilité économique désirable.

1.3.2. L'OCEAN, SOURCE DE MATIERES PREMIERES

L'eau n'est pas la seule matière première industrielle que l'on retire des océans. 16 % du pétrole extrait l'an dernier dans le monde viennent de forages dans le sous-sol marin. 40 % du pétrole américain (U.S.A.) proviendront en 1970 de son plateau continental. Il ne s'agit donc plus « d'espérances », ni de quantités négligeables. Si

l'on en juge par les efforts déployés au large des côtes du monde entier, notamment tout près de nous, en Mer du Nord, et dans le golfe de Gascogne, ces pourcentages ne feront que croître.

Le développement de la technologie permet en effet à l'homme d'intervenir toujours plus efficacement sur la totalité du plateau continental en vue d'extraire non seulement les hydrocarbures — gaz naturel et pétrole — mais encore les matières premières présentes dans les sédiments et dans le sous-sol.

La prospection ne fait que commencer, et déjà des gisements ont été découverts (phosphate au large de la Californie) et surtout d'importants « dépôts » sur le plateau continental lui-même : diamant au large de la côte sud-africaine, or au-delà du littoral de l'Alaska, fer au large du Japon, titane au large de la Floride.

Les nodules polymétalliques constituent aussi une réserve de minerais ; ils contiennent notamment 30 % de manganèse, 15 % de fer, 1 à 3 % de nickel et de cuivre. Lorsqu'on sait l'importance du manganèse dans les industries de pointe, on ne peut manquer d'être impressionné par la quantité de ces nodules dont la réserve, rien que dans le Pacifique-Sud, est estimée à 200 milliards de tonnes. Certes, leur « ramassage » par fonds de 600 à 4.000 mètres, posera de sérieux problèmes, mais l'étude technique de l'opération et les calculs de rentabilité intéressent déjà les pays industriellement avancés.

On trouve enfin au sein même de la masse liquide des océans, à l'état dissous ou en suspension, la plupart des minéraux ; beaucoup d'entre eux, certes, ne sont présents qu'en quantités infimes et apparaissent difficilement exploitables, mais il est vraisemblable que l'extraction de certains minerais rares (donc chers) puisse quelque jour devenir rentable, ou souhaitable pour des raisons d'indépendance : les procédés techniques sont généralement déjà connus (c'est ainsi que les Britanniques ont « produit » de faibles quantités d'uranium à partir de l'eau de mer). En fait, les études de synthèse de l'eau de mer sont à peine commencées : la richesse et l'abondance de la matière première devraient permettre de déboucher sur des résultats concrets. Il est intéressant à ce propos de noter que les « sous-produits » des usines de dessalement contiennent des sels et des minéraux très concentrés déjà par rapport à leur teneur dans l'eau de mer.

1.3.3. L'OCEAN, VOIE DE COMMUNICATION

La mer a toujours été une voie privilégiée pour le déplacement des hommes et le transport des marchandises. La navigation constitue, d'ailleurs, avec la pêche, la seule forme d'exploitation qui, jusqu'à la mise en valeur récente des gisements pétroliers, ait eu des incidences économiques significatives.

C'est dire l'importance de ce secteur, actuellement en pleine évolution.

Si la concurrence des transports aériens a porté un rude coup à la flotte des paquebots assurant les liaisons à grande distance, les autres catégories de navires n'en ont pas été affectées.

Mais une évolution se fait sentir :

- tendance à la spécialisation ; le cargo « à tout faire » cède la place au fruitier, au pétrolier, au minéralier ;
- accroissement des tonnages ; les minéraliers dépassent un port en lourd de 100.000 tonnes, les pétroliers approchent de 500.000 ;
- automatisation de la conduite de l'appareil propulsif, en attendant celle de la navigation proprement dite, liée aux problèmes de « routage ».

On a envisagé, sans pour l'instant y avoir donné suite, de mettre en service des navires de charge sous-marins, affranchis des servitudes météorologiques de la

surface et qui pourraient bénéficier des progrès de la propulsion nucléaire, que l'on hésite à appliquer, malgré quelques timides essais, aux navires de surface civils, en raison de son coût.

D'autres modes de sustentation sont apparus : hydroptères et engins à coussin d'air, plus rapides et d'un emploi plus facile que les navires traditionnels, sont appelés à assurer dans un avenir très proche une grande partie des liaisons côtières.

1.3.4. L'OCEAN, ESPACE STRATEGIQUE

Il serait vain de prétendre montrer ici tous les aspects d'un problème, gigantesque non seulement en raison de ses trois dimensions géographiques, mais aussi de par la complexité d'un milieu où les moyens de transmission sont difficiles et les frontières matériellement inexistantes ; il est bien évident que les impératifs de la défense exigent des Etats avancés qu'ils s'intéressent au milieu qui est celui où évolue le vecteur le plus dissuasif actuellement inventé : le sous-marin nucléaire lanceur d'engins.

L'augmentation du nombre de ces vecteurs sous-marins, ainsi que celle des pays qui en possèdent ou en posséderont, les problèmes que posent leur emploi, leur navigation, leur « guidage », leur détection, exigent un développement considérable de la connaissance du milieu et des fonds marins.

L'idée d'installer, dans ce milieu océanique si favorable pour se dissimuler aux regards des avions et satellites, des bases difficilement repérables et peu vulnérables, pour des P.C. opérations, des stockages d'armes, des bases de lancement de fusées, etc..., n'est certainement pas non plus absente des préoccupations des états-majors.

1.3.5. L'OCEAN, SOURCE D'ENERGIE

La fantastique masse liquide de l'océan est toujours en mouvement : cycle de l'eau, prélevée par évaporation et rendue par les précipitations (directement ou indirectement), grands courants permanents, marées, houle.

De tels mouvements, on le sait, ne se laissent pas aisément domestiquer. Certes on a pu calculer que la houle peut représenter des poussées moyennes de plusieurs tonnes au mètre carré, mais ce « captage » demeure fort problématique. Certes l'utilisation de la différence thermique entre couches superficielles et couches profondes de l'océan pour produire de l'énergie (procédé Georges Claude) continue de faire l'objet de recherches, mais l'application d'un principe théoriquement simple a soulevé jusqu'à présent des difficultés insurmontées. Certes, l'usine marémotrice de la Rance constitue une expérience d'un grand intérêt et fournit au réseau français environ un demi-milliard de KWh par an, mais l'énergie nucléaire désormais largement compétitive laisse sans doute peu d'avenir à l'énergie marémotrice.

L'utilisation **directe** de l'énergie des mers est donc faible : de nouvelles techniques peuvent naître, mais il serait peu réaliste de les escompter à court terme.

Il en va tout autrement de l'énergie produite ou à produire — **indirectement** — grâce à des éléments du sol et du sous-sol océaniques, ou contenus dans la masse des eaux. C'est déjà une évidence en ce qui concerne le pétrole et le gaz. Mais surtout les millions de tonnes de deutérium et de tritium que contient l'eau des océans pourraient bien constituer une source d'énergie nouvelle pour l'humanité. On sait en effet que si la « fission » des atomes lourds (tels que ceux de l'uranium) est un phénomène parfaitement maîtrisé aujourd'hui, permettant le fonctionnement très sûr des centrales atomiques, la « fusion » des atomes légers (isotopes de l'hydrogène : deutérium, tritium) n'est réalisée que dans les bombes H — grâce à « l'amorce » que constitue la bombe A — mais n'est pas encore « domestiquée ». Les recherches sur cette « fusion contrôlée » se poursuivent dans tous les pays avancés, et leur aboutissement ferait de l'océan une réserve énergétique quasi-inépuisable. En effet, si 11% des océans sont constitués d'hydrogène, celui-ci contient toujours, pour un milliard de milliards d'atomes,

160.000 milliards d'atomes de deutérium et un atome de tritium. Ainsi ces deux matières premières, dont il ne faut que des grammes pour produire l'énergie H des engins militaires, existent-elles par millions de tonnes dans l'océan.

1.3.6 L'OCEAN, SOURCE DE SANTE, DE LOISIRS ET DE CULTURE

Sans l'océan, il n'y aurait pas d'eau, donc pas de vie. L'existence humaine bénéficie en outre, pour l'épanouissement de sa santé et son équilibre général, des innombrables bienfaits de l'océan, modérateur et régulateur des climats, dispensateur de substances curatives et régénératrices. Toute une nouvelle médecine se crée autour de la thalassothérapie, qui devient un des grands moyens de lutte contre l'asthénie et les rhumatismes, ainsi que de récupération fonctionnelle après des accidents osseux.

Dans le monde de demain, les hommes, confinés dans des zones urbaines de plus en plus nombreuses, intoxiqués non seulement par l'air vicié mais par cet étrange mélange de vie sédentaire ouatée et de frénésie mécanique traumatisante, sentiront davantage encore le besoin de «renouveau organique» que procure l'alliance océan-soleil-air pur.

Des loisirs sains, dans une telle civilisation, seront la condition de plus en plus impérieuse du maintien de toute la population dans un état de santé convenable. On sait combien en dépendent la vie quotidienne, le rendement dans le travail, et par là l'économie de toute une nation.

Le développement rapide des sports nautiques, est un phénomène dont les incidences économiques peuvent être considérables. Toute une industrie française, qui aurait intérêt à prendre la tête en Europe dans une compétition qui s'amorce, se monte pour réaliser des voiliers, du matériel de sports nautiques, des appareils de plongée sous-marine, demain sans doute les divers éléments d'un «tourisme sous-marin» dont l'idée se développe rapidement.

La plongée permet enfin d'accéder non seulement aux richesses naturelles mais encore aux vestiges sous-marins laissés par nos ancêtre et la mer constitue un vaste champ archéologique dont l'exploration commence à peine.

1.3.7. QUELQUES CHIFFRES

Il n'est pas inutile de rappeler, en conclusion et dans le seul but de fixer les idées, quelques chiffres relatifs à l'exploitation des océans en France et dans le monde, durant l'année 1966, dernière référence disponible.

	FRANCE	MONDE ENTIER
Pêche totale (y compris crustacés et coquillages) (poids nominal)	800.000 t	57.000.000 t
Sous-produits de la pêche (huile, farines et divers)	52.400 t	
Algues traitées	11.500 t	
Sel marin	1.064.000 t	100.000.000 t
Pétrole « off shore »	Néant sur plateau français	250.000.000 t
Energie marémotrice	540.000.000 kWh	

De ces chiffres, il faudra surtout retenir que les 57 millions de tonnes de produits comestibles extraits de la mer ne représentent que 3% environ de la nourriture de l'humanité...

1.4. LES MOYENS DISPONIBLES ET LEUR ORGANISATION

Après avoir passé rapidement en revue nos connaissances actuelles en matière d'océanographie et les ressources que recèle la mer, il nous reste à examiner les moyens dont nous disposons : effectifs, crédits et institutions.

Les chiffres qui suivent concernent essentiellement les activités de recherche. En ce qui concerne le secteur industriel, c'est-à-dire l'exploitation des ressources et les activités connexes, les renseignements sont pour le moment assez fragmentaires ; on peut seulement indiquer que la pêche maritime emploie 42.000 personnes et les industries de transformation qui lui sont liées 20.000 environ ; ces chiffres ne comprennent pas les effectifs des circuits de distribution et de commercialisation. 30.000 personnes environ sont employées par la construction navale et il faudrait encore citer les activités pétrolières « off shore », l'exploitation des marais salants...

Les renseignements concernant la recherche sont plus complets mais demanderaient à être actualisés.

1.4.1. LES HOMMES

Une enquête détaillée, effectuée en 1964, a permis une évaluation relativement précise du nombre de personnes employées par la recherche océanographique : cette enquête ne portait que sur la recherche proprement dite (fondamentale, appliquée et technologique) et non sur l'exploitation.

Les résultats globaux furent les suivants :

— Chercheurs et ingénieurs de recherche	450
— Techniciens toutes catégories	360
— Autre personnel (ouvriers, administratifs, services généraux, marins)	500

Soit 1.310 personnes (équivalent temps plein) se consacrant à la recherche.

Si l'on analyse de plus près les chiffres obtenus au cours de l'enquête de 1964, on constate que sur 450 chercheurs, 318 relèvent du Ministre de l'Education Nationale (soit 70 %).

La discipline la plus favorisée est l'océanographie biologique qui groupe 40 % des chercheurs.

Enfin, sur le plan de la répartition géographique, 150 chercheurs environ, soit le tiers de l'effectif, travaillent à Paris, 200 sur le littoral méditerranéen et une centaine sur l'Atlantique et la Manche, en ordre très dispersé.

On obtiendrait des chiffres comparables pour les autres catégories de personnel.

Il faut d'ailleurs noter que la décentralisation imminente de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes de Paris à Nantes commencera à rééquilibrer quelque peu l'actuelle répartition au profit du littoral atlantique.

1.4.2. LES CREDITS (DE 1961 A 1968)

Les chiffres ci-dessous, en ce qui concerne tout au moins les crédits de fonctionnement, ne représentent que des évaluations assez approximatives et ne sont cités que pour fixer des ordres de grandeur, la part des activités océanographiques n'étant pas toujours aisément discernable au sein des différents budgets.

L'océanographie s'est vu allouer :

pour la période 1961-1965 (4^e Plan et Loi-programme)

- en crédits d'investissements 69 MF
(tous ministères dont D.G.R.S.T. pour 48 MF)
- en crédits de fonctionnement 250 à 300 MF
(évaluation tous ministères)

pour la période 1966-1968 (trois premières années du V^e Plan)

- en crédits d'investissements 81 MF
(tous ministères)
- en crédits de fonctionnement 190 à 220 MF
(évaluation tous ministères)

Les dépenses militaires ne sont pas mentionnées ici. A lui seul, le budget annuel du Service Hydrographique de la Marine est de l'ordre de 30 MF.

En bref, c'est aux alentours de 130 à 140 MF que se situe le budget océanographique français (toutes catégories de dépenses confondues) en 1968. Ce chiffre est à rapprocher du dernier budget américain voté, 2.300 MF, qui ne représente cependant que la part de financement inscrite au budget fédéral des Etats-Unis.

1.4.3. LES INSTITUTIONS EXISTANTES

Elles sont nombreuses et d'importance très inégale.

Sans reprendre l'énumération complète des laboratoires ou organismes qui se consacrent, en France, à l'océanographie, il suffit d'en rappeler ici les principaux.

— Organismes plus spécialement orientés vers la recherche fondamentale :

Dans de nombreuses Universités, les Facultés des Sciences disposent de laboratoires d'océanographie et de stations côtières associées ; retenons plus particulièrement, en raison de la diversité de leurs activités, de l'importance de leur personnel et de leur équipement :

- les six laboratoires de la Faculté des Sciences de Paris et leurs antennes côtières de Banyuls, Villefranche-sur-Mer et Roscoff ;
- la station marine d'Endoume, qui dépend de la Faculté des Sciences d'Aix-Marseille.

Toujours dans le cadre du Ministère de l'Education Nationale, divers établissements et grandes écoles possèdent également des laboratoires et des centres d'océanographie :

- le Muséum National d'Histoire Naturelle, à Paris et à Dinard ;
- le Collège de France à Concarneau ;
- le Centre National de la Recherche Scientifique à Roscoff (en association avec la Faculté des Sciences de Paris) ;
- l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, à Paris, Dinard et Concarneau.

— Organismes qui, sans négliger la recherche fondamentale se consacrent plus particulièrement à des recherches océanographiques spécialisées ou appliquées, en relation étroite avec l'activité principale de l'Administration ou de l'entreprise dont ils relèvent :

- du Ministère des Armées dépendent :
 - le service Hydrographique de la Marine ;
 - le Bassin d'essais des Carènes ;
 - le Groupe d'Etudes et de Recherches Sous-marins (G.E.R.S.) ;
 - divers laboratoires (le Brusac, Toulon, Grenoble) et groupes d'études spécialisés notamment dans les problèmes d'acoustique, de détection et de plongée sous-marine ;

- le Groupe des bathyscaphes (dont le programme est établi par le C.N.R.S.) ;
 - la Direction des Recherches et Moyens d'Essais (D.R.M.E.) ;
- dans le cadre du **Ministère des Transports**, on relève :
- l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (I.S.T.P.M.), qui possède une dizaine de stations sur toutes les côtes de France, dont le siège central actuellement à Paris va être prochainement décentralisé à Nantes ;
 - la Météorologie Nationale (navires météorologiques stationnaires « France I » et « France II ») ;
- le **Ministère de l'Industrie** est l'administration de tutelle de plusieurs importants services ayant des activités océanographiques spécialisées :
- l'Institut Français du Pétrole ;
 - le Bureau de Recherches Géologiques et Minières ;
 - Electricité de France - Gaz de France ;
- l'**Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer** (O.R.S.T.O.M.), établissement public placé sous la tutelle du Secrétariat d'Etat à la Coopération (Ministère des Affaires Etrangères), entretient trois centres importants (à Nosy-Bé, Pointe Noire et Nouméa), spécialisés dans l'océanographie physique et biologique et les pêches outre-mer ;
- le **Ministère de l'Agriculture**, le **Ministère des Affaires Sociales**, le **Ministère des Affaires Culturelles**, divers établissements publics et plusieurs entreprises privées, ont des activités océanographiques, dans des domaines très divers — géophysique, radioécologie, hydraulique, transport sous-marin de gaz naturel, archéologie sous-marine.

Enfin, des **centres ou institutions privés sans but lucratif** (associations régies par la Loi de 1901) participent dans différents domaines aux efforts de recherche et de développement technologique — en particulier :

- l'Institut Océanographique (fondation Albert-I^{er}), qui possède, outre trois laboratoires à Paris, le Musée océanographique de Monaco ;
- le Centre de Recherches et d'Etudes Océanographiques (C.R.E.O.), qui dispose de laboratoires à La Rochelle ;
- le Centre d'Etudes Marines Avancées (C.E.M.A.) (ex. O.F.R.S.) à Marseille qui a réalisé et exploite des « soucoupes plongeantes » et des laboratoires sous-marins ;
- les Campagnes océanographiques françaises (Calypso).

Soit au total :

Un peu plus de 100 laboratoires, centres, services, établissements, stations côtières, etc... dépendant d'environ 50 organismes publics ou privés différents, les organismes publics relevant eux-mêmes de 8 Ministères.

*
**

Une nation qui possède un tel potentiel humain de recherches doit logiquement s'en féliciter ; la variété des travaux effectués par les diverses équipes est l'assurance que bien peu de secteurs de l'océanographie resteront en sommeil, mais cette situation présente aussi des inconvénients : la multiplicité des équipes de recherches entraîne une fragmentation excessive de leurs effectifs ; la diversité de leurs rattachements, leur

éparpillement géographique ne peuvent représenter des conditions favorables ni à l'élaboration d'un programme défini à l'échelle nationale, ni à la mise en place d'équipements spécifiques onéreux.

Animée par des chercheurs de grande valeur, l'océanographie française risquait de demeurer dans un état de stagnation inquiétant qui ne lui aurait pas permis de conserver sa place dans le monde, même dans les domaines où elle occupe une situation privilégiée, comme celui de la plongée et de la pénétration sous-marine.

C'est donc à une tâche extrêmement ardue que s'attaquait le Gouvernement lorsqu'en 1961 il créait, à la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, l'Action concertée « Exploitation des océans », en lui confiant le soin de communiquer à l'océanographie une impulsion nouvelle.

Pendant six ans, suivant les avis du Comité scientifique correspondant, plus connu sous le nom de C.O.M.E.X.O. :

- des crédits complémentaires furent affectés à des contrats de recherche, à la formation de chercheurs, à la mise en place d'équipements lourds ;
- des recommandations furent élaborées qui comprenaient notamment un projet de grand centre polyvalent de recherches sur l'Atlantique.

Toutefois, il n'entre pas dans la mission de la Délégation Générale, structure administrative légère, de soutenir indéfiniment les activités d'un secteur auquel elle est seulement chargée de donner une impulsion nouvelle ; elle ne dispose pas de l'appareil coordonnateur nécessaire et pour faire face au développement attendu des activités océanographiques françaises, le Gouvernement décidait la création d'un organisme de coordination, le Centre National pour l'Exploitation des Océans.

1.4.4. LE CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS

Créé par la Loi du 3 janvier 1967, le Centre National pour l'Exploitation des Océans (C.N.E.X.O.), établissement public à caractère industriel et commercial, doté de l'autonomie financière et placé sous l'autorité du Premier Ministre a pour mission, « en liaison avec les ministères et les entreprises publiques et privées, de développer la connaissance des océans et les études et recherches tendant à l'exploitation des ressources contenues à leur surface, dans leur masse, leur sol et leur sous-sol.

A cette fin, il élabore et a qualité pour proposer au Gouvernement les programmes de recherche et de développement et toute mesure visant à l'étude ou à l'exploitation des océans.

Il assure l'exécution des programmes généraux, notamment en les finançant, ainsi qu'en créant des équipements lourds d'intérêt général. Il a à connaître des recherches particulières effectuées par les organismes publics et les harmonise ».

Il donne son avis sur les demandes budgétaires des différents ministères. Il est l'interlocuteur scientifique et technique dans tous les problèmes de coopération internationale touchant aux océans.

Le C.N.E.X.O. est administré par un Conseil de treize membres et dirigé par un Directeur Général. Un Comité Scientifique et Technique de sept à dix membres est consulté sur les programmes d'études, de recherches et de travaux.

Après une période de mise en place progressive de ses différents services, le C.N.E.X.O. s'apprête à assumer son rôle pour tout ce qui concerne l'océanologie et les ressources océaniques.

Très logiquement, la première de ses tâches est de proposer un programme d'orientation, tenant le plus grand compte des incidences économiques d'une exploitation rationnelle des ressources des océans.

C'est ce programme, dont le C.N.E.X.O. recommande d'entreprendre le plus tôt possible la réalisation, qui est présenté maintenant.

CHAPITRE II

LES CHOIX DU C. N. E. X. O.

2.1. LA METHODOLOGIE, LES CRITERES DU CHOIX

2.1.1. LE CHOIX DES THEMES

Le domaine océanique, tel qu'il vient d'être décrit, est immense : activités de recherche, d'exploration, d'exploitation offrent les aspects les plus divers comme les plus inattendus et lorsque le C.N.E.X.O., quelques semaines après sa création, entreprit de préciser les contours d'un programme océanique national, son premier souci fut évidemment d'éviter que l'océanographie française n'engageât simultanément ses efforts dans toutes les directions.

Car, si importants et si variés que soient ses moyens financiers, humains et matériels, un seul pays ne peut envisager de tout faire ni songer à explorer l'ensemble des mers du globe.

Une première tentative de choix avait déjà été effectuée par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (C.O.M.E.X.O) et le groupe de travail « océanographie » de la Commission de la recherche du V^e Plan ; il convient ici de saluer sans réserves leur mérite ; mais cette politique restait malgré tout orientée vers la seule acquisition de connaissances pures.

Le C.N.E.X.O. s'est placé dans une perspective plus pragmatique et plus synthétique.

Il est ainsi amené à proposer un groupement des idées directrices et des orientations d'exécution par thèmes, objectifs et opérations, débouchant toujours à plus ou moins long terme sur une exploitation rationnelle des ressources marines ; de telles opérations impliquent une participation générale, multidisciplinaire, coordonnée que, précisément, le C.N.E.X.O. a été chargé de promouvoir.

Le rôle du C.N.E.X.O. apparaît non moins évident lorsque l'on évalue l'importance et le coût de l'instrumentation et des matériels nécessaires à de telles opérations comme aussi la charge technique et administrative que représente la mise en œuvre des moyens lourds, engins et navires qui les conditionnent ; il sera évidemment appelé à assurer une partie importante du support financier et logistique correspondant.

Dans les perspectives d'exploitation que nous venons de définir, le choix des thèmes, volontairement limités en nombre, repose sur un certain nombre de critères qui ont tous une composante économique : apporter une solution au problème de la faim dans le monde, se ménager des réserves minérales et pétrolières, occuper, protéger et aménager la marge continentale qui prolonge le territoire national...

En réalité, ces **thèmes dits « orienteurs »** ne forment qu'un cadre très général, encore trop vaste, à l'intérieur duquel doivent être sélectionnés des **objectifs** à court, moyen et long terme et pour atteindre ces objectifs prioritaires, il faut enfin envisager des **opérations**.

Ces dernières sont conçues de telle façon que, d'une part, elles portent en elles-mêmes leur raison d'être et que, d'autre part, elles permettent d'avancer chaque fois un peu plus vers la réalisation d'un objectif plus large.

Les opérations sont, par essence, limitées ; elles tiennent compte des hommes et des équipements déjà à pied d'œuvre comme des possibilités concrètes de mise en place d'un potentiel accru.

Elles exigent des efforts de recherche associant le domaine de la **recherche fondamentale** (physique, chimique, biologique, géologique et géophysique), toujours nécessaire en amont pour parfaire notre connaissance du milieu océanique et en préciser les

lois spécifiques, au domaine de la **recherche appliquée** plus accrochée à l'étude pratique des phénomènes et à la promotion technologique. Selon les cas, l'accent sera plus ou moins mis sur l'une ou l'autre de ces tendances dans la mesure où les buts poursuivis le réclament ; mais en définitive, la parfaite réussite interviendra lorsqu'une bonne coordination aura maintenu chacun dans le domaine où ses facultés sont le mieux utilisées.

L'accent mis sur les aspects économiques de l'océanologie ne doit donc pas amener à conclure que le C.N.E.X.O. méconnaît l'importance de la recherche fondamentale ; non seulement il fera lui-même appel aux chercheurs fondamentalistes mais encore, et tout en reconnaissant à l'Université sa liberté d'initiative en matière de recherche de base, il s'efforcera de lui fournir l'aide logistique et les moyens supplémentaires indispensables à une meilleure connaissance du milieu océanique.

*
**

En définitive, l'application des méthodes de choix exposées ci-dessus a conduit le C.N.E.X.O., avec l'aide de son Comité Scientifique et Technique, à retenir, dans l'éventail très largement ouvert des « possibilités » océaniques, cinq thèmes orienteurs autour desquels s'articulera le programme.

C'est évidemment le souci d'exploiter dans les meilleures conditions les principales ressources de la mer qui a constitué le critère déterminant du choix ; cependant certains aspects de l'exploitation : transports, tourisme, thalassothérapie... ont été pour l'instant écartés ; leur intérêt économique n'est, certes, pas mis en cause, mais ils sont à la fois moins directement liés aux progrès des disciplines fondamentales et plus aptes à trouver en eux-mêmes les moyens de leur développement.

Les deux premiers thèmes retenus sont ainsi :

1. **Exploitation de la matière vivante**
2. **Exploitation des matières minérales et fossiles**

Une grande partie du programme doit, ainsi que nous le verrons plus loin, s'exécuter dans une zone privilégiée et immédiatement accessible, le plateau continental, entendu au sens le plus large (c'est-à-dire qu'il faut y inclure le littoral et la pente). Aussi, et malgré un certain caractère d'hétérogénéité, a-t-il été jugé indispensable d'y consacrer l'un des thèmes :

3. **Reconnaissance et aménagement du plateau continental**

L'exploitation des ressources de la mer, ressources biologiques et utilisation industrielle de l'eau de mer notamment, exige que les produits que l'on peut extraire ne soient pas souillés, que leur existence même ne soit pas menacée par les déchets rejetés par l'activité humaine. D'où l'inscription d'un quatrième thème :

4. **Lutte contre la pollution**

Enfin, il ne faut pas perdre de vue le rôle capital joué par les océans dans la genèse des phénomènes météorologiques et leur influence déterminante sur la climatologie.

S'il ne s'agit pas à proprement parler de l'exploitation de ressources océaniques, les incidences économiques évidentes d'une telle voie de recherche justifient le choix d'un cinquième et dernier thème :

5. **Action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques**

Ces thèmes seront analysés plus loin en même temps que seront précisés les objectifs et décrites les opérations.

Comme une analyse et une description trop détaillées, mais nécessaires, risqueraient de masquer l'importance relative des objectifs et des opérations, un ordre de priorité sera dégagé à l'intérieur de chaque thème.

2.1.2. LE CHOIX DU DOMAINE GEOGRAPHIQUE

Les thèmes orienteurs ayant été présentés, il reste à indiquer les limites du domaine géographique dans lequel ils seront exécutés ; ici encore, le bon sens et les moyens dont dispose la France imposent que l'on ne disperse pas les efforts dans des aires océaniques trop vastes, d'où l'accent mis sur le plateau continental français, Atlantique et Méditerranée.

Il fallait, en effet, que la zone retenue présentât un certain nombre de caractéristiques telles que :

- rentabilité à court ou moyen terme : ce n'est guère que sur le plateau que l'on peut espérer parvenir dans des délais raisonnables à une exploitation des ressources pétrolières et minières, dans des conditions économiques qui ne soient pas prohibitives, plateau qui, par ailleurs, se prête aisément aux expériences de vie sous la mer ou aux essais d'aquiculture ;
- responsabilité géographique directe comme c'est le cas sur les zones attenantes au territoire métropolitain dont le plateau continental n'est que le prolongement submergé, responsabilité liée aux modalités de l'exercice de la souveraineté comme aux impératifs de la défense ;
- accessibilité en profondeur, qu'il s'agisse des engins de plongée ou des instruments ou de l'homme lui-même ; l'équipement technologique national, bien qu'il soit en pleine évolution, n'est bien adapté, pour l'instant, qu'aux profondeurs n'excédant pas 300 à 500 mètres ; la plupart des navires disponibles ne peuvent assurer la mise en œuvre **efficace** du matériel, dragues, carottiers, que par des profondeurs du même ordre ;
- proximité des bases logistiques métropolitaines, car le parc naval relativement riche en navires de petite taille est moins bien pourvu en navires capables d'effectuer de longs séjours au grand large ;
- bonne connaissance préliminaire de la zone ; c'est encore le cas pour le plateau continental qui a fait l'objet de nombreuses études, de tous ordres, dont il faut aujourd'hui faire la synthèse et combler les lacunes.

Les travaux entrepris au large des côtes métropolitaines seront développés également sur les plateaux continentaux des Départements et Territoires d'Outre-Mer et, dans la mesure où elles souhaitent coopérer avec la France dans ces domaines, sur les plateaux des nations amies, et notamment en Afrique francophone et à Madagascar.

Toutefois, il ne serait ni prudent, ni conforme à la vocation d'une nation comme la France, de se désintéresser des **fonds abyssaux** qui occupent plus de 80 % de la totalité des fonds marins, à l'heure où les plus grands pays mettent en œuvre, dans leur exploitation, des moyens bientôt comparables à ceux de l'exploration de l'espace.

Le rôle primordial joué par les sous-marins nucléaires dans la stratégie globale entraîne l'installation de réseaux d'engins détecteurs aux plus grandes profondeurs, la construction de submersibles de sauvetage, la cartographie systématique des caractéristiques acoustiques, mécaniques et morphologiques des fonds abyssaux, etc... Les prétentions de certains pays à la possession des ressources éventuelles des mers pro-

fondes apparaissent déjà. On étudie les possibilités d'installations stratégiques, touristiques et même industrielles sur les monts sous-marins qui parsèment les océans et dont le sommet parfois n'est qu'à quelques mètres ou quelques dizaines de mètres de la surface; les retombées technologiques et scientifiques à attendre ne peuvent être moins importantes que celles résultant de l'effort spatial.

Il est clair par ailleurs qu'une **collaboration internationale se conçoit au moins autant dans le domaine des mers profondes**, que dans celui des eaux sus-jacentes au plateau continental et il faut souligner qu'une recherche propre à la France dans l'exploration des fonds abyssaux peut lui donner les moyens d'établir sur le plan international la liaison et les échanges indispensables. Il faut être en mesure de suivre les travaux entrepris dans le monde en y participant, condition fondamentale pour être bien informé et pour comprendre. D'ailleurs, la situation géographique et la vocation maritime de la France ne devraient-elles pas l'amener à devenir un élément essentiel dans la recherche européenne en ce domaine ?

Il s'agit là de responsabilités que la France ne peut esquiver, mais aussi de la préparation de l'avenir.

Il en résulte que si les choix d'exploitation à court et à moyen terme sont vigoureusement marqués par la définition d'un programme dont le contenu va être ci-après largement développé et précisé, les motivations précédentes conduisent à poursuivre certaines investigations dont les résultats économiques ne sont pas encore décelables.

Compte tenu des moyens matériels, comme le navire océanographique « Jean-Charcot », le bathyscaphe « Archimède », la future Soucoupe SP 3.000, on peut raisonnablement envisager par exemple une reconnaissance à mailles larges du domaine profond du bassin Nord-Est de l'océan Atlantique depuis la rupture de pente du plateau jusqu'à la dorsale médio-Atlantique.

En Méditerranée, la poursuite des travaux entrepris dans le bassin occidental en coopération avec de nombreuses autres nations serait à recommander.

Sur le plan technologique, l'effort pourrait alors porter dans un premier temps vers la mise au point de procédés de navigation exacts en pleine mer et de procédés de mesure indirects ne nécessitant pas l'envoi d'engins habités sur le fond. Les efforts de reconnaissance se feront en liaison avec les autres nations européennes qui ont dans ce domaine des programmes importants.

2.1.3. UNE LONGUE ROUTE

Quels que soient les efforts faits pour élaborer un programme réaliste et équilibré, échelonné dans le temps et distribué dans l'espace, il restera à le mener à bien et il serait dangereux de sous-estimer les difficultés de mise en œuvre et de nourrir de trop faciles illusions.

Il faudra parvenir à une coordination efficace et cela est, nul n'en doute, une question de vie ou de mort pour l'océanographie française : c'est de propos mûrement pesés que l'accent a été mis sur la notion d'opération, car c'est de toute évidence au niveau de l'exécution d'une opération bien circonscrite que pourra le mieux s'organiser une telle coordination des hommes et de leurs efforts, faisant ainsi passer dans les faits, de façon démonstrative, celle déjà acquise au niveau le plus élevé des institutions.

Reste évidemment à ne pas perdre de vue qu'il faut « tenir à jour » la synthèse de nos connaissances et des résultats acquis; on s'efforcera d'y parvenir par étapes, par secteurs, rectifiant, avec l'aide de tous, l'orientation des programmes qui ne devront pas être trop rigides, infléchissant l'activité des hommes dans tel sens ou dans tel autre.

Le C.N.E.X.O. propose ainsi au Gouvernement une politique qui, dans l'état actuel des structures et du potentiel humain, matériel et financier semble réaliste et réalisable.

2.2. LES THEMES ORIENTEURS

2.2.1 THEME N° 1 - EXPLOITATION DE LA MATIERE VIVANTE

I. — LE THEME

Le problème de la faim dans le monde et la nécessité impérieuse d'accroître la qualité et la quantité des ressources alimentaires de l'humanité justifient l'orientation du C.N.E.X.O. vers l'exploitation de la matière vivante présente dans les océans. Cette conception du thème permet de regrouper dans un cadre unique l'océanographie biologique et l'océanographie des pêches, envisagées jusqu'ici comme deux disciplines distinctes.

Les possibilités offertes par les océans sont sans doute grandes par rapport à l'exploitation actuelle : on estime que le tonnage mondial des pêches pourrait être notablement augmenté sans risque d'appauvrissement des populations, dans le cadre d'une exploitation rationnelle et réglementée. D'autre part, le domaine immense, mais encore très peu connu de la culture des algues et de l'élevage des animaux marins doit être développé rapidement. En effet, il ne fait pas de doute que l'aquiculture représente une phase nouvelle, essentielle pour l'avenir.

II. — LES OBJECTIFS

Avant d'exploiter la matière vivante des océans, il convient de connaître sa masse totale et ses possibilités finies de compenser les prélèvements humains par une production supplémentaire. Le premier objectif du thème doit donc conduire à l'acquisition d'informations et de connaissances sur les divers processus du cycle de la matière vivante des océans.

Cependant, l'humanité exploite depuis la plus haute antiquité une partie des ressources naturelles des océans, en particulier les poissons. Le développement rationnel des pêches dépend de trois problèmes distincts :

- l'importance et le taux de renouvellement de la population exploitée ; le but est d'arriver à une exploitation optimale ;
- l'amélioration des procédés de capture ;
- l'amélioration des divers procédés de conservation des prises et la recherche des formes de consommation directe ou indirecte les plus adéquates.

Enfin, au-delà de l'exploitation des ressources naturelles, se situe la création de ressources nouvelles : c'est le passage du stade de la cueillette au stade de la culture. Dans le milieu océanique, cette aquiculture fait l'objet d'une grande activité de la part de quelques rares nations (Japon) ; notre pays, sauf en conchyliculture, est encore assez mal placé en ce domaine.

III. — LES OPERATIONS

1° Evaluation de la production aux divers échelons ; ses modalités, transferts d'énergie dans la chaîne alimentaire (objectif n° 1)

Les huit opérations choisies ne peuvent être conçues isolément ; elles s'enchaînent les unes aux autres selon un ordre correspondant au cycle de la matière vivante présente dans les océans. Le schéma général de ce cycle est aujourd'hui relativement

bien connu dans certaines mers sur le plan qualitatif, bien que quelques points soient contestés, que d'autres demeurent encore du domaine de l'hypothèse, et que son extension à l'océan dans son ensemble, c'est-à-dire à toutes les latitudes et à toutes les profondeurs, reste à faire.

La matière organique primaire est élaborée à partir de sels minéraux nutritifs et d'énergie lumineuse dans les végétaux unis ou pluricellulaires (organismes autotrophes), vivant en plein eau (domaine pélagique) ou sur le fond (domaine benthique) par les processus de photo-synthèse. Elle est utilisée directement ou indirectement par une chaîne de consommateurs animaux, dont les herbivores pélagiques et benthiques constituent le premier maillon. Les carnivores qui s'en nourrissent sont eux-mêmes répartis dans plusieurs niveaux trophiques successifs, certaines chaînes alimentaires pouvant compter jusqu'à quatre à cinq niveaux. La valeur de la production de chaque niveau est évidemment indispensable à la compréhension de l'ensemble du système vivant et conduit à considérer la notion de rendement à chaque transfert d'un niveau au suivant.

a) Cartographie de la production primaire planctonique

Coordonner les travaux en cours dans divers laboratoires (Méditerranée et Manche), implanter des équipes dans les zones insuffisamment étudiées (Atlantique) en normalisant les techniques utilisées, étendre les recherches au domaine océanique. On tiendra compte des sels nutritifs dissous et des caractéristiques physico-chimiques du milieu. Les informations obtenues permettront de dresser la carte de la production primaire annuelle (opération n° 1).

b) Mesure de la production des végétaux pluricellulaires benthiques

Déterminer la production en différents points de leur aire de répartition d'un certain nombre d'espèces d'algues pluricellulaires benthiques et de Phanérogames marins choisies en fonction de leurs applications industrielles ou de leur importance comme source alimentaire pour des invertébrés ou des poissons herbivores (opération n° 2).

c) Mesure de la production primaire des algues unicellulaires benthiques

Vérifier en plusieurs régions les résultats préliminaires acquis dans le domaine de la production primaire benthique à partir des algues unicellulaires autotrophes sur l'ensemble du plateau continental; mettre au point une méthode de mesure directe de cette production (opération n° 3).

d) Mesure de la production secondaire planctonique

Evaluer pour les principaux herbivores pélagiques (Copépodes) la valeur du transfert d'énergie et de la production secondaire, en fonction de la qualité et de la quantité de la production primaire proposée. On envisage deux phases d'expérimentation: sur des volumes de quelques dizaines de litres, puis en bassins et colonnes verticales de quelques dizaines à centaines de mètres cubes. Cette opération inclut la mise au point et le développement des cultures de phytoplancton à grande échelle. Selon la vitesse de progression des travaux, on pourrait passer des essais sur une seule espèce d'herbivore, à des expériences plurispécifiques complexes (opération n° 4).

Les recherches actuellement en cours dans divers laboratoires devraient conduire à la connaissance de la biomasse des herbivores planctoniques et de leur production dans le milieu naturel. A l'exception d'une incitation à la normalisation des méthodes, il ne paraît pas y avoir là une opération particulière.

e) Mesure de la production secondaire benthique

Evaluer la production annuelle de quelques espèces d'herbivores benthiques intervenant directement dans la nourriture de poissons démersaux d'intérêt économique en deux régions éloignées de leur aire de répartition (Manche-Atlantique et Méditerranée,

en vue de comparer les conditions propres à ces mers) ; les espèces choisies (pas plus d'une demi-douzaine) devront être monocycliques, former des populations denses, et, si possible, avoir un rapport production/biomasse égal ou supérieur à l'unité ; elles seront choisies parmi les Annélides polychètes, les Bivalves et les Crustacés pécaricides (opération n° 5).

f) Mesure de la production tertiaire et quaternaire

Evaluer la production de deux consommateurs au niveau tertiaire et quaternaire, par exemple, la sole et la daurade dans le milieu naturel (en diverses régions de leur aire de répartition) et en milieu confiné. On utilisera les méthodes statistiques (dynamique des populations, analyse des contenus stomacaux, etc...) ; les résultats obtenus seront exploités dans des essais d'élevage en domaine marin limité artificiellement et en bassins de quelques ares (opération n° 6).

Il ne paraît pas raisonnable d'entreprendre simultanément les recherches sur les deux espèces choisies. Compte tenu des connaissances acquises, les études expérimentales sur la sole pourraient débiter immédiatement, alors que les recherches sur la daurade devraient se limiter aux populations naturelles. Cette opération est étroitement liée au programme général d'aquiculture (cf. objectif n° 3) dont elle constitue le support scientifique.

g) Réalisation de modèles

Analyser la structure de biocénoses naturelles simples comportant au moins trois niveaux de production. On interviendra sur le fonctionnement en vue d'obtenir les rendements énergétiques les plus favorables. On retient les milieux lagunaires (en communication permanente ou semi-permanente avec le mer) qui présentent une simplification des biocénoses par élimination des espèces les moins tolérantes aux fluctuations du milieu ; l'intervention humaine y est relativement aisée (opération n° 7).

h) Etude des substances ectocrines d'origine marine ; applications

Etudier en milieu limité l'action de substances ectocrines diverses, jouant le rôle de régulateur de croissance et intervenant sur le comportement dans le fonctionnement d'un réseau alimentaire simple et bien connu. Cette opération dépend de recherches de laboratoire en cours. Les contrats dont ces recherches font déjà l'objet seront progressivement développés. Il ne paraît pas réaliste d'envisager le début d'une application en vraie grandeur de cette opération avant 1970 (opération n° 8).

En dehors de ces opérations, l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer a défini un programme appliqué au domaine tropical qui lui est propre. La première phase de ce programme constitue la poursuite de travaux en cours : étude de la chaîne alimentaire en haute mer (Pacifique Central et Sud-Est) et dans le domaine du plateau continental (Madagascar Nord-Est, Congo, Côte d'Ivoire). Dans une deuxième phase, la chaîne alimentaire en haute mer sera étudiée dans l'Atlantique Tropical.

2° Comportement et évaluation des stocks des espèces d'intérêt économique (objectif n° 2)

Cet objectif est du domaine de l'océanographie des pêches proprement dites. D'une façon générale, deux ordres de problèmes sont traités : d'une part, l'identification, la distribution et l'évaluation des populations d'animaux présents dans les océans, d'autre part, les effets des processus océaniques dans leur ensemble sur les variations spatio-temporelles des peuplements. Le premier stade consiste donc en la prospection systématique des zones inconnues, le recensement qualitatif et quantitatif des espèces présentes en fonction des engins utilisés et des temps de pêche. Pour chaque espèce, il faut ensuite étudier l'homogénéité des populations (existence de races), le cycle

biologique, l'âge moyen de la population et sa répartition en classes, les migrations, etc.. L'ensemble de ces informations permet d'établir un modèle de population de l'espèce considérée. Parallèlement, les informations écologiques et biocénétiques recueillies fournissent l'explication de la répartition des espèces sur des aires géographiques définies, ce qui conduit aux prévisions de présence.

Les travaux d'océanographie des pêches sont définis, à l'exception de quelques laboratoires poursuivant des recherches très spécialisées, par les programmes de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. Ces programmes sont orientés vers trois objectifs principaux :

- maintenir à un niveau satisfaisant les ressources actuellement exploitées ;
- en rechercher de nouvelles ;
- améliorer les techniques et moyens de capture, en fonction des recommandations de la Commission des Pêches Maritimes du V^e Plan.

L'I.S.T.P.M. assure la réalisation de ses programmes avec les moyens propres dont il dispose (navires et personnels), et le C.N.E.X.O. borne son action au soutien de certaines des opérations de l'I.S.T.P.M. Dans le cadre de cette action, rentrent la construction d'un navire pour la région de Terre-Neuve, et la participation à une expérience internationale de marquage de harengs afin de prévenir l'appauvrissement des populations dans la zone Sud de la Mer du Nord. Les opérations particulières pour lesquelles le C.N.E.X.O. apportera son soutien logistique sont choisies en fonction des impératifs de la pêche française.

a) Prévention de la surexploitation du hareng dans le sud de la Mer du Nord

Participer à une expérience internationale de marquage des populations de harengs juvéniles du Blöden Ground (opération n° 9).

b) Etude de la sardine du Golfe de Gascogne et du Golfe du Lion

Etudier les populations de sardines dans le Golfe de Gascogne, en tenant compte des conditions du milieu et du rendement des pêches ; localiser les zones de ponte, évaluer l'abondance du recrutement, l'âge des populations ; analyser les diverses races. Une analyse statistique des apports de pêche sera exécutée parallèlement, dans les principaux ports (opération n° 10).

c) Etude du merlu du Golfe de Gascogne et du Golfe du Lion

Etudier les populations benthiques du merlu dans le Golfe de Gascogne et dans le Golfe du Lion ; apprécier les fluctuations annuelles du recrutement et le potentiel de reproduction du stock ; comparer ces deux populations et établir des statistiques détaillées des apports de pêche (opération n° 11).

d) Etude des migrations des thons

Etudier les migrations du thon blanc (germon) et du thon rouge en Méditerranée occidentale et dans le Golfe de Gascogne. En Méditerranée, on cherchera à connaître le déterminisme physiologique des migrations ainsi que l'origine et les lieux de reproduction des populations méditerranéennes. En Atlantique, on s'attachera à expliquer l'irrégularité de l'abondance des différentes classes d'âge en rapport avec les conditions du milieu et l'amplitude des migrations. Des études statistiques sur les apports de pêche seront conduites dans les deux zones (opération n° 12).

D'autre part, l'O.R.S.T.O.M., dans le cadre géographique des mers tropicales (Pacifique central, Madagascar, Atlantique), établit un programme orienté vers la compréhension synthétique de la chaîne alimentaire, mais la dynamique des populations de poissons d'intérêt économique occupe une place importante.

3° Amélioration des méthodes et techniques de pêches (objectif n° 3)

Contrairement à ce qui a lieu dans de nombreux pays, il n'existe actuellement en France que peu de choses en ce qui concerne l'enseignement des pêches. La formation de techniciens, d'ingénieurs et de chercheurs en océanographie des pêches ne rentre dans le cadre d'aucun organisme. L'absence d'une formation théorique sérieuse chez les cadres de maîtrise provoque l'apparition d'une certaine méfiance vis-à-vis des recommandations et des conseils des organismes scientifiques, et ces derniers doivent souvent envoyer leurs jeunes chercheurs suivre des stages de formation à l'étranger.

Le C.N.E.X.O. prendra, en conséquence, les contacts nécessaires avec les organismes compétents afin de promouvoir un enseignement scientifique axé sur l'économie des pêches et la dynamique des populations.

a) Etude d'un navire de recherche des pêches

Subventionner les études d'un projet de construction de navire pilote de recherche en matière d'océanographie des pêches (opération n° 13).

b) Carte de la température de surface

Assurer la rédaction et la diffusion immédiate de cartes quotidiennes de la température de surface en vue de son utilisation pour la recherche des poissons pélagiques superficiels. Cette opération sera localisée dans les locaux du Centre océanologique de Bretagne, et fera intervenir divers organismes pour la collecte des données (en particulier l'Aéronavale) (opération n° 14).

c) Mise au point d'un chalut pélagique

A partir d'une étude bibliographique complète, étudier et mettre au point un chalut pélagique réglable en immersion par action de panneaux déflecteurs et contrôlé par sondeurs ultra-sons ; en rapport étroit avec le constructeur et les utilisateurs, assurer le développement de plusieurs dimensions et de plusieurs types de maillage (opération n° 15).

d) Mise au point d'un procédé de pêche électrique

Poursuivre l'étude d'une installation pilote de pêche électrique (électronarcose) à bord d'un navire. L'étude au laboratoire a fait l'objet d'un contrat avec l'I.S.T.P.M. et une décision de choix pourra intervenir d'ici peu (opération n° 16).

4° Conditions d'utilisation optimale des protides, lipides et glucides d'origine marine : produits et sous-produits de la pêche (objectif n° 4)

L'exploitation rationnelle des ressources biologiques des océans suppose acquises la connaissance de leur composition chimique détaillée, la détermination de la forme la plus adéquate sous laquelle elles peuvent être ingérées, soit par l'homme, soit par les animaux comestibles, enfin l'évaluation du rendement des transformations qui en font plus ou moins directement les aliments pour la consommation humaine. Bien que la plupart des opérations qui permettent d'atteindre cet objectif dépendent directement pour leur développement ultérieur des implications économiques (étude du prix de revient, étude du marché sur le plan national et le plan européen), il ne paraît pas réaliste a priori de conditionner strictement leur mise en œuvre à la connaissance précise de ces données. Trois opérations ont été retenues :

a) Obtention de concentrés protéiques

Valorisation de l'ensemble des produits et sous-produits de la pêche ; obtenir des concentrés protéiques purs à partir des poissons non commercialisables et développer une installation pilote de traitement à bord des chalutiers et à terre. Utiliser des techniques

séparatives des produits finis permettant de rentabiliser l'opération par la production de protéines chères (aux fins de diététique et de thérapeutique). Etudier les applications possibles dans le cadre de l'aide aux pays en voie de développement. Réduire les importations nationales de farine de poisson en les remplaçant par un concentré de protéines pures, produit en France (opération n° 17).

b) Etude de la biochimie du thon

Etudier la biochimie d'un grand migrateur pélagique, le thon, en vue d'appliquer les résultats à la pêche française métropolitaine et outre-mer ; l'accent sera mis sur les altérations des tissus après la mort (dégradation des nucléotides, évolution des myoglobines, comparaison muscle blanc-muscle rouge) (opération n° 18).

c) Etude comparée des techniques de congélation

Parallèlement à l'opération précédente, rechercher les meilleures conditions de congélation des diverses espèces de thon, en vue d'améliorer les techniques employées à l'heure actuelle (opération n° 19).

5° Espèces susceptibles d'être transplantées, acclimatées ou cultivées : détermination des espèces les plus intéressantes et conditions de mise en œuvre pratique (objectif n° 5)

L'aquiculture est pratiquement limitée en France à la conchyliculture, les quelques tentatives d'exploitation des poissons des lagunes littorales — bars, mullets et anguilles — fournissant un apport négligeable (il s'agit d'ailleurs d'engraissement et non d'élevage). La production française conchylicole (10.000 t d'huîtres plates, 60.000 t de portugaises et 45.000 t de moules par an) est dès maintenant inférieure aux besoins de la consommation, ce que soulignent les estimations du V^e Plan qui prévoient pour 1970 une consommation supérieure à 200.000 t. L'accroissement de la production nationale pose de nombreux problèmes liés à l'aménagement du littoral et au développement des sports nautiques pour lesquels les parcs conchylicoles constituent une entrave importante. Etant donné qu'il n'existe pas d'obstacle technique à l'extension de la conchyliculture, aucune opération n'a été retenue ; l'attribution de concessions nouvelles n'entre pas dans le cadre des attributions du C.N.E.X.O.

Par rapport aux efforts de pays tels que le Japon, l'aquiculture française s'est cantonnée jusqu'ici au domaine traditionnel, et les quelques tentatives vers des voies nouvelles ont manqué de supports scientifiques, techniques ou financiers, pour parvenir au stade de développement. Il est donc particulièrement important de promouvoir de nouvelles directions en aquiculture, en choisissant des espèces indigènes que l'on sache déjà élever en laboratoire soit en France, soit dans d'autres pays, et qui sont déjà consommées.

Afin de se placer dans les conditions de rentabilité les plus favorables *a priori*, les espèces retenues ont une valeur élevée. Chaque opération définie suppose l'obtention de nourriture vivante pour les élevages (algues unicellulaires planctoniques, petits crustacés, etc...). Sans que l'on puisse prétendre que ce domaine soit bien connu en France, il ne semble pas intéressant d'en faire une opération particulière, cela d'autant plus que pour des raisons d'infrastructure, plusieurs opérations seront groupées en un même site.

a) Réalisation d'élevage de bivalves

Élever deux espèces de mollusques bivalves d'intérêt économique, la coquille Saint-Jacques et la praire (*Pecten maximus* et *Venus verrucosa*), c'est-à-dire obtenir un rendement satisfaisant de la métamorphose des larves pélagiques et assurer la croissance des jeunes. Une enquête sérieuse permettra de profiter de l'expérience

étrangère. Le site sera choisi en fonction de la proximité des supports scientifiques et techniques, ainsi que de l'infrastructure existante, et des conditions climatiques ; l'utilisation de salins désaffectés cloisonnés à la demande (de quelques centaines à quelques dizaines de milliers de mètres cubes) paraît indiquée dans la mesure où ils sont situés dans des zones de pollution négligeable (opération n° 20).

b) Réalisation d'élevage de crustacés

Élever deux espèces de Crustacés Décapodes, *Palaemon serratus* et *Penaeus kerathurus* (crevettes) sur les côtes bretonnes pour la première et méditerranéennes pour la seconde ; tenir compte des expériences étrangères (japonaises, anglaises et américaines) et des essais français actuels qui s'appuient sur le procédé japonais. On peut assurer que l'élevage des Pénéides est réalisable, la question de la rentabilité n'étant pas envisagée dans un premier temps ; par contre, le problème se pose différemment pour *Palaemon* (forte mortalité au stade larvaire précédant immédiatement la métamorphose) (opération n° 21).

c) Obtention de jeunes crustacés

Obtenir l'élevage des larves et la métamorphose avec un rendement satisfaisant de la langouste et du homard indigènes dans le double but de repeuplement de certaines zones rocheuses naturelles ou artificielles et de tentatives d'élevage en milieu marin clos. Il sera tenu compte des résultats acquis sur la côte Est des États-Unis (repeuplement en homards), au Japon (élevage de langoustes) ainsi, bien entendu, que de l'expérience en cours en France sur l'acclimatation d'une langouste australe (opération n° 22).

d) Réalisation d'élevage de poissons

Élever deux espèces de poissons d'intérêt économique (la sole et la daurade), dans des bassins de plusieurs hectares ; dans un premier temps, réaliser l'engraissement et l'adaptation des géniteurs, puis tenter la fécondation artificielle et le développement des larves. Faire appel, le cas échéant, aux injections d'extraits hypophysaires de certaines espèces riches en hormones gonadotropes pour obtenir la ponte et l'émission de la laitance. Tenir compte des expériences étrangères et des essais entrepris par l'I.S.T.P.M. et le laboratoire de physiologie du Muséum National d'Histoire Naturelle (opération n° 23).

e) Etude et construction d'une installation pilote d'alevinage

Étudier et réaliser une installation pilote d'alevinage appliquée, tant aux poissons qu'à des invertébrés d'intérêt économique. On cherchera à obtenir le maximum d'informations sur les conditions du milieu, le taux de mortalité et le prix de revient des produits de taille suffisante pour être mis en élevage. Le site sera choisi en fonction de la pollution et des possibilités d'installation d'enclos à une certaine distance de la côte (baie protégée) (opération n° 24).

*
**

Le thème comporte donc à l'heure actuelle vingt-quatre opérations d'importance évidemment inégale. Compte tenu du rôle de promotion du C.N.E.X.O., un accent particulier sera mis sur les deux derniers objectifs qui préparent directement l'avenir : l'utilisation des dérivés protéiniques pour la nourriture humaine et le lancement de l'aquiculture.

2.2.2. THEME N°2 - EXPLOITATION DES MATIERES MINERALES ET FOSSILES

I. — LE THEME

La mer est une immense réserve de minerais indispensables à la vie de toute société à caractère industriel. Mais, jusqu'à ce jour, on n'a exploité qu'une part très faible de ce potentiel aux limites encore imprécises. Or une telle exploitation dépend de critères très divers : économiques, techniques, scientifiques, politiques, voire militaires. Tel minerai qui n'a actuellement aucun intérêt économique sera jugé indispensable plus tard.

S'engager dans l'exploitation des matières minérales et fossiles suppose donc que l'on acquière une information, tant scientifique que technologique ou économique, et que l'on prépare un large potentiel humain et matériel pour atteindre une aptitude d'intervention stratégique d'une efficacité optimum. Le coût et la difficulté des opérations industrielles allant généralement en augmentant avec la profondeur et la distance du rivage, on peut prévoir que les premières opérations rentables seront situées sur la partie la moins profonde du plateau continental. La recherche pétrolière échappe déjà à ces restrictions. Toutefois, compte tenu de l'importance de l'effort consenti par les compagnies pétrolières dans l'exploration en mer, l'aide du C.N.E.X.O. dans le domaine de la recherche pétrolière ne présenterait pas un intérêt majeur dans l'immédiat.

Il est normal, d'autre part, que l'on s'intéresse en priorité au plateau continental français, partie encore peu connue du domaine national, et qui présente l'avantage d'être facilement accessible à partir des bases logistiques françaises.

Si les espoirs d'y trouver des réserves minérales devaient être déçus, du moins aurait-on mis au point des techniques et, outre des connaissances scientifiques, acquis une expérience nouvelle.

Dans cet esprit, le C.N.E.X.O. reconnaît trois objectifs généraux à long terme :

- l'exploitation effective, en collaboration avec l'industrie, des ressources minérales sur trois pôles (minerais, matériaux de construction, eau) d'abord sur le plateau continental français, puis, sur les plateaux continentaux étrangers, dans l'optique de l'investisseur et du maître d'œuvre ;
- l'exportation de la capacité technologique d'intervention sur le plateau continental, qu'il aura acquise, dans l'optique de la société de service ;
- l'utilisation de nouvelles réserves d'eau douce.

Il faut donc en premier lieu :

- développer les outils nécessaires aux opérations de reconnaissance et d'exploitation ;
- obtenir une cartographie satisfaisante du point de vue topographique, géologique et géophysique dans les régions où l'on envisage une exploitation possible ;
- recueillir les éléments de réflexion quant à la possibilité des opérations envisagées sur les plans économiques et géologiques.

Pour réaliser ces objectifs généraux, le C.N.E.X.O. a choisi de concentrer ses efforts dans les années à venir sur les points suivants :

- 1° inventorer les ressources contenues dans la couche superficielle du plateau continental français et développer une méthodologie d'exploration et d'exploitation, ces deux points interférant l'un avec l'autre et progressant l'un par l'autre ;

- 2° décider d'une opération pilote d'exploitation industrielle à partir des résultats obtenus ;
- 3° participer au développement de la technique de dessalement de l'eau de mer.

II. — LES OBJECTIFS

Trois objectifs ont été retenus :

- 1° reconnaître la couverture des sédiments meubles du plateau continental français tout en développant la méthodologie d'exploration ;
- 2° préparer l'exploitation industrielle de minerais en lançant une opération pilote sur le plateau de la France, les territoires d'Outre-Mer, ou de l'Etranger ;
- 3° obtenir à partir de l'eau de mer et à l'échelle industrielle de l'eau douce et des constituants minéraux.

III. — LES OPERATIONS

1° Reconnaître la couverture des sédiments meubles du plateau continental français tout en développant la méthodologie d'exploration (objectif n° 1)

Le C.N.E.X.O. s'attachera à obtenir rapidement une reconnaissance de la couverture de sédiments meubles du plateau continental français qui permette :

- de mettre au point la méthodologie de la reconnaissance préliminaire en vue de l'exploitation d'une grande surface du plateau continental ;
- de pouvoir décider en toute connaissance de cause des possibilités d'exploitation de concentrations minérales, de matériaux de construction et d'eau douce ;
- accessoirement, de décider des possibilités d'implantation de structures fixes, à partir de la connaissance des propriétés mécaniques du fond.

Il en résultera une augmentation considérable du patrimoine de connaissances scientifiques sur l'histoire géologique du plateau. Les conditions qui contribuent à y former, concentrer et localiser les minéraux et matériaux exploitables seront précisées. Cela amènera enfin la formation, le regroupement ou la consolidation d'équipes de géologues spécialistes de ces problèmes.

A. — Choix, et si c'est nécessaire, étude et réalisation d'un équipement d'exploitation standardisé

Dès à présent, il existe pour ces techniques d'exploration de nombreux types d'équipements de mesure et de prélèvement commercialisés. Toutefois, les performances relatives et prix de revient effectifs sont encore souvent mal connus. D'autre part, l'usage particulier que l'on veut en faire pour des reconnaissances rapides et économiques amènera probablement à définir, améliorer ou réaliser certains types d'équipements. On s'attachera, en particulier, à obtenir un système de sismique réflexion à coût modéré et permettant une vitesse de croisière normale (8 à 10 nœuds). La méthodologie d'emploi du sonar latéral qui permet une interpolation précise entre les lignes de sondage sera étudiée. Le problème des prélèvements de sédiments et roches par carottage, dragage et forage sera examiné dans la double optique de mise en œuvre à partir de bateaux non spécialisés d'une part et celle faite à partir de bateaux d'exploration d'autre part.

On s'attachera donc à :

- a) **Comparer systématiquement les équipements existants** pour choisir un équipement standardisé (opération n° 1) ;
- b) **Obtenir un équipement de sismique légère et de sondage latéral** permettant des performances correctes à 8-10 nœuds (opération n° 2) ;
- c) **Acquérir, aider au développement ou développer des engins de prélèvement** type électro-carottier, vibro-carottier, drague briseuse, flexo-forage, après étude prospective (opération n° 3).

B. — Connaissance sédimentologique de la couche superficielle

La première étape de l'exploration du plateau doit être d'établir d'une part les possibilités d'existence de concentrations minérales, à partir des connaissances que l'on a sur la géologie du continent adjacent et des renseignements préliminaires sur le plateau ; d'autre part, les besoins industriels de la région côtière en matériaux de construction et eau. Il faut également rassembler et compléter les connaissances sur la nature des sédiments superficiels par :

a) Etablissement de cartes métallogéniques

On établira des cartes métallogéniques provisionnelles à partir des éléments d'information existants pour la France et les territoires d'Outre-Mer, pour servir de premiers guides dans l'orientation de la recherche (opération n° 4).

b) L'établissement de cartes sédimentologiques et géochimiques

Il s'agit d'encourager, coordonner et évaluer les nombreux travaux de sédimentologie et de géochimie en cours. Une standardisation des méthodes de prélèvements et d'analyse devra être adoptée. Les lacunes existantes seront ensuite comblées. Cela amènera la publication de cartes sédimentologiques homogènes couvrant le plateau, y compris des cartes de concentration en minéraux lourds (opération n° 5).

C. — Connaissance de la couverture sédimentaire meuble dans son épaisseur et du substratum rocheux sous-jacent

Il s'agit de délimiter les ensembles homogènes de dépôts meubles récents ou quaternaires et de fixer leur contact avec le substratum en établissant leur extension verticale et horizontale. On fera un effort particulier pour reconnaître les remplissages sableux et graveleux des différentes surfaces d'érosion creusées lors des régressions quaternaires successives (plages et lits fossiles).

a) Inventaire des travaux existants

On encouragera, coordonnera et évaluera les différents travaux de reconnaissance en cours qui conduiront à la rédaction de cartes préliminaires pour les régions déjà étudiées (opération n° 6).

b) Extension des travaux de reconnaissance

On complètera ces travaux par une couverture de sismique légère à maille lâche (10 km) là où elle est inexistante ou insuffisante.

Dans un second temps, et après étude des documents obtenus, suivra une campagne de prélèvements par dragages, carottages et éventuellement forages, si possible jusqu'au substratum, pour étudier les propriétés métallogéniques et mécaniques de la couverture meuble et fixer la carte géologique du substratum. L'étape finale sera l'établissement de cartes géologiques homogènes de la couverture meuble et du substratum rocheux (opération n° 7).

D. — Mise au point de la méthodologie d'exploration détaillée sur une zone pilote limitée

Une des opérations prévues pour l'exécution du thème « reconnaissance et aménagement de la marge continentale » est la reconnaissance détaillée d'une zone pilote limitée où l'on mènera des essais d'aménagement et de prise de possession humaine. La bathymétrie précise et l'étude des propriétés mécaniques du fond étant prévues par ailleurs, on complètera ces mesures par :

- a) la réalisation d'une couverture de géophysique à maille étroite (dans un premier temps) (opération n° 8) ;
- b) la réalisation d'un réseau de dragages et carottages systématiques (dans un deuxième temps) (opération n° 9).

Cela permettra d'essayer les différents outils de prospection de la couverture de sédiments meubles et de déterminer la densité optimum de mesures pour l'exploration des concentrations minérales, d'une part, et celle des matériaux de construction d'autre part. On obtiendra également une estimation réaliste du coût de telles campagnes.

E. — Etude et réalisation d'un navire d'exploration du plateau continental

Les navires de prospection du plateau continental ont été jusqu'ici construits principalement pour l'exploration des structures profondes où se trouvent généralement les réserves de pétrole. L'exploration systématique des structures superficielles qui est le premier objectif choisi par le C.N.E.X.O. suppose l'étude et la réalisation d'un navire spécialisé. Ce navire doit être capable de mettre en œuvre les divers équipements de prospection. Il doit pouvoir s'immobiliser par rapport au fond par des profondeurs de 300 mètres. Il doit enfin être capable d'obtenir de gros échantillons de roches et de sédiments (opération n° 10).

F. — Etudes prospectives d'exploitation

Il ne pouvait être question de retenir également tous les objectifs possibles d'exploitation. Il ne faudrait pas toutefois éliminer les possibilités d'exploitation dans d'autres domaines dans un avenir plus éloigné. Il faut, en particulier, envisager et étudier les possibilités d'exploitation en mer profonde et tout d'abord l'exploitation des nodules polymétalliques. L'exploration des mers profondes, qui fait partie du programme du C.N.E.X.O., permettra d'examiner plus avant ces possibilités. Dès maintenant on mènera des :

- a) Etudes prospectives des procédés de ramassage de nodules et des procédés de valorisation des minéraux contenus (opération n° 11) ;
- b) Etudes concernant les moyens de détection et de captage des résurgences d'eau à partir du littoral (opération n° 12).

2° Préparer l'exploitation industrielle de minerais en lançant une opération pilote sur le plateau continental (objectif n° 2)

A partir des résultats obtenus, et en utilisant la méthodologie et la technologie préalablement mises au point, on lancera une installation pilote d'exploitation industrielle dans une zone et avec un environnement le plus significatif possible. Il n'est pas possible de préciser, à ce stade, la nature exacte de cette opération. Le but sera d'étudier les problèmes et difficultés causés par une exploitation de ce type, son coût réel, et les conditions nécessaires pour qu'elle devienne rentable (opération n° 13).

Il faut ajouter qu'il est évident que l'obtention de ces résultats nécessitera la collaboration d'équipements et de spécialistes très divers dépendant de nombreux labora-

toires, organisations et entreprises privées. Il faudra organiser les méthodes de travail. Mais le succès dépendra en fin de compte de :

- la mise en place de chefs de file responsables de chacune des opérations et travaillant en liaison étroite ;
- la collaboration et, éventuellement, le regroupement des laboratoires et organismes apportant un concours particulier.

Les choix seront faits en fonction des possibilités réelles, matérielles, mais surtout humaines, de chaque service, organisation ou laboratoire, et de sa vocation propre.

3° Obtenir, à partir de l'eau de mer et à l'échelle industrielle, de l'eau douce et des constituants minéraux (objectif n° 3)

La mer représente une réserve d'eau pratiquement inépuisable ; mais elle représente aussi une source importante de matières premières.

A ces titres, le C.N.E.X.O. est évidemment intéressé par les résultats des études entreprises sur les divers procédés de dessalement ainsi que par les études connexes sur la corrosion des matériaux et l'utilisation des sous-produits (saumures concentrées).

Il participe d'ailleurs aux travaux du Comité chargé des problèmes du dessalement des eaux salées et saumâtres. Dans un premier temps, il est chargé — en liaison avec d'autres organismes — d'apporter sa contribution à **l'étude d'une installation pilote** qui pourrait servir de référence nationale à l'industrie française (opération n° 14).

Les deux derniers objectifs n'impliquent d'ailleurs qu'une participation de la part du C.N.E.X.O. En tout état de cause, celui-ci commencera par faire porter son principal effort sur l'établissement de la cartographie susceptible de guider la prospection et de permettre l'exploitation, ainsi que sur les moyens nécessaires à l'établissement de cette cartographie.

2.2.3. THEME N° 3 - RECONNAISSANCE ET AMENAGEMENT DE LA MARGE CONTINENTALE ET DU LITTORAL

I. — LE THEME

Prolongement des terres émergées, correspondant à une profondeur moyenne inférieure à 200 m, le plateau continental est la zone océanique la plus directement accessible à l'homme, donc la plus facile à explorer, à prospecter et à exploiter.

Celui de la France métropolitaine, disposé le long de 3.500 km de côtes est très vaste et couvre 160.000 km² soit 30 % environ du territoire national. Celui de nos territoires d'outre-mer est également très important.

Il est donc logique que le C.N.E.X.O. place au rang de ses préoccupations premières, la reconnaissance et l'aménagement du plateau continental, y compris ses frontières naturelles, c'est-à-dire le littoral et la pente ; cette dernière notamment pouvant être fertile en enseignements concernant les richesses minérales et fossiles ; d'où le titre du thème.

Il ne fait d'ailleurs guère de doute que c'est sur le plateau continental que convergeront, pendant de longues années, la plupart des activités scientifiques et techniques liées aux différents aspects de l'exploitation des ressources marines.

Ces actions seront à développer en deux phases. Dans une première phase, on cherchera, et ce pour les différents domaines d'activité, à :

- expérimenter et évaluer des techniques nouvelles ;

- développer ces mêmes techniques ;
- imaginer, expérimenter et comparer des techniques et moyens nouveaux correspondant à des besoins qui apparaîtraient au cours des ans,

afin de favoriser le développement d'une technologie et d'une méthodologie qui rendent la marge continentale accessible à l'exploration et à la prospection et préparent efficacement une mise en exploitation effective.

La mise en œuvre de cette première phase s'opérera dans une **zone limitée** de la marge continentale française afin d'atteindre, au moindre coût, quelques objectifs prioritaires.

Dans une deuxième phase on élaborera :

- un programme cohérent de mise en valeur de **l'ensemble** de la marge continentale française en fonction, d'une part, des nouvelles connaissances acquises, d'autre part, des techniques d'exploitation maîtrisées et de leur évolution prévisible ;
- une politique d'exportation de nos techniques appuyée sur un effort dynamique de propagande et de promotion ;
- une politique d'acquisition de concessions.

La marge continentale est appelée à connaître une exploitation intense. Cependant, il est assez difficile de prévoir avec certitude toutes les formes de cette mise en valeur ; en effet, dans le passé, le développement d'un pays ou d'un continent se faisait en trois étapes, le plus souvent assez éloignées dans le temps pour en permettre l'assimilation progressive :

- exploration ;
- prospection ;
- exploitation.

Mais comme les océans, en général, et la marge continentale, en particulier, n'ont, jusqu'ici, été pris en considération qu'en tant que :

- routes maritimes ;
- terrain de pêche, c'est-à-dire de poursuite et de capture du gibier marin ;
- champ de bataille stratégique ou tactique,

l'intérêt tardif mais intense porté à la mise en valeur des océans, pousse à vouloir, dans une certaine mesure, mener de front les trois étapes : « exploration », « prospection », « exploitation ». Il en résulte une certaine confusion des esprits, une hésitation à admettre comme raisonnables des projets pour lesquels nous n'avons pas reçu de préparation psychologique et, par conséquent, une tendance à les considérer comme hors de portée.

En fait, à plus ou moins long terme, ils ouvrent la voie à des perspectives économiques intéressantes et favorisent parallèlement les recherches océanographiques fondamentales en physique, biologie et géologie.

*
**

La mise en valeur de la marge continentale aboutira tôt ou tard à :

- une exploitation intense des ressources marines et littorales ;
- une extension de la plate-forme de défense du territoire.

qui entraîneront :

- un équipement industriel de l'espace marin ;
- un aménagement du littoral.

Il est certes évident que les transformations qui en résulteront risquent de bouleverser profondément le milieu ; des précautions devront donc être prises pour éviter toutes incidences fâcheuses sur ce dernier et les ressources qu'il contient et, en conséquence, un très gros effort de protection de la nature devra être consenti.

Cette dernière action s'exercera notamment :

- sur le maintien de la propreté et de la salubrité de l'eau de mer ;
- sur la réglementation de la pêche (création de cantonnements par exemple) afin de préserver en particulier les ressources biologiques.

II. — LES OBJECTIFS

Dans un premier temps, le C.N.E.X.O. a choisi de concentrer ses efforts sur un nombre limité d'objectifs considérés comme prioritaires parce qu'ils représentent une étape essentielle dans la maîtrise des différents problèmes posés par la mise en valeur de la marge continentale.

D'où les choix suivants :

- 1° Etablir des conditions préalables à une prise de possession effective de la marge.
- 2° Développer l'adaptation de l'homme au milieu marin.
- 3° Amorcer la mise en place de l'infrastructure et des moyens nécessaires à l'exploitation.
- 4° Agir efficacement contre la destruction des richesses naturelles.
- 5° Préparer le sauvetage des hommes, le relevage des épaves, la récupération de matériel ou de cargaisons.

Il convient de remarquer d'ailleurs que les opérations envisagées dans le cadre des objectifs 3 et 4 ci-dessus ne pourront être parfaitement définies qu'en fonction des besoins correspondant à l'exécution des opérations retenues dans les thèmes « Exploitation de la matière vivante » et « Exploitation des matières minérales et fossiles ».

Dans le cadre des perspectives précédemment évoquées, un certain nombre d'autres objectifs pouvaient être retenus qui concernaient, par exemple :

- **les loisirs** avec le développement de la navigation de plaisance, la plongée sportive, le tourisme...
- **la santé** grâce à la thalassothérapie, l'utilisation diététique des algues...
- **la culture** avec l'apparition d'une véritable vie artistique sous-marine, l'archéologie sous-marine...

Ils ne l'ont pas été pour les raisons exposées plus haut et parce qu'ils contiennent en eux-mêmes les moyens de leur propre développement. Cependant, les installations correspondantes qui apparaîtront sur le littoral et sur le plateau lui-même (ports, îles artificielles, parcs sous-marins) devront faire l'objet d'une surveillance attentive et, tôt ou tard, une réglementation spécifique devra être élaborée.

III. — LES OPERATIONS

1° Etablir des conditions préalables à une prise de possession effective de la marge (objectif n° 1)

a) Choix et implantation d'un système efficace et précis de radiolocalisation en surface couvrant l'ensemble de la marge continentale.

Ce système, dont l'étude est d'ailleurs en cours, devra répondre aux caractéristiques techniques suivantes :

- portée minimale : 250 km ;
- précision : métrique jusqu'à 100 km, décimétrique au-delà.

Système objectif comportant :

- un levé de doute ;
- une stabilité dans le temps et l'espace ;
- une absence de saturation ;
- une sortie numérique ;
(opération n° 1).

b) Etude et réalisation d'un système de positionnement précis en profondeur utilisant par exemple des procédés acoustiques (balises et répondeurs, doppler acoustique) ; mise en place et essais dans une zone expérimentale.

Il n'existe à ce jour, aucun matériel répondant aux exigences de simplicité et de bas prix de revient qu'exige une utilisation sur une grande échelle (opération n° 2).

c) Développement, étude et réalisation de sources autonomes d'énergie.

Des recherches devront être poursuivies concernant :

- les sources chimioélectriques (accumulateurs et piles à combustibles) ;
- les sources nucléothermiques (radioisotopes), etc...

L'étude et la réalisation de ces sources sont importantes pour permettre d'assurer une autonomie d'alimentation appréciable aux diverses installations fixes ou mobiles, aux installations de balisage, etc... (opération n° 3).

d) Etablissement d'un levé topographique précis des fonds de la zone expérimentale.

L'étude de leur nature est envisagée par ailleurs (cf. thème « Exploitation des matières minérales et fossiles »). Cette opération entraînera en particulier le développement de la méthodologie du sonar latéral qui permet une extrapolation fine entre les lignes de sondage (opération n° 4).

e) Etudes de mécanique des sols et de la tenue des ouvrages sur le fond.

Ces études permettant le dégrossissage des éléments essentiels de mécanique des sols seront nécessaires pour :

- l'installation de stations sous-marines fixes ou mobiles ;
- la construction de récifs artificiels ;
- l'implantation de systèmes de balisage sous-marins (opération n° 5).

f) Protection contre l'action chimique et biologique des éléments sur les structures. Etude prospective des possibilités d'intervention.

En ce qui concerne l'action chimique et biologique, de nombreux travaux ont déjà été faits ou sont en cours qui ont pour objet de parvenir à une protection déjà efficace des matériaux utilisés contre les salissures et la corrosion. Bien des recherches sont

encore à entreprendre soit pour se protéger contre eux, soit pour trouver de nouveaux matériaux moins sensibles à ces dégradations (opération n° 6).

g) **Etude de la houle et des courants, principaux obstacles au développement de l'activité humaine sur la marge continentale.**

- mesure et élaboration d'un modèle théorique des houles, courants et vents exceptionnels.

Dès l'installation des premières plate-formes pétrolières on s'est aperçu que l'on ne connaissait que très imparfaitement les caractéristiques des houles, vents et courants régnant dans les zones d'implantation car il avait été impossible jusqu'alors de les mesurer correctement par suite de l'absence de plate-formes adaptées à ce genre de travail et qu'il était donc très difficile de protéger efficacement et à moindre frais ce nouveau type de structures (opération n° 7).

h) **Etude des effets de la houle et des courants sur les structures fixes ou mobiles établies loin des côtes.**

Les effets dynamiques de la mer sur les navires sont en général assez bien connus car ils ont été étudiés depuis longtemps dans les pays maritimes. Une longue expérience a permis de mettre au point des méthodes de construction et de protection efficaces contre les effets de la mer. Les effets de la mer sur les structures et les constructions côtières sont eux aussi assez bien connus car l'expérimentation est possible, sinon aisée. Mais il en va tout autrement pour les structures fixes ou mobiles implantées loin des côtes (opération n° 8).

2° Développer l'adaptation de l'homme au milieu marin (objectif n° 2)

a) **Etude des problèmes physiologiques de l'homme sous la mer** afin de lui assurer une libre évolution et des possibilités de travail efficaces jusqu'à une profondeur de —300 m.

- études théoriques ;
- études expérimentales en caisson concernant des problèmes :
 - psychotechniques et ergonométriques sur l'homme ;
 - de vie sous pression sur des animaux ;
 - de séjour humain en pression et à saturation ;
 - de retour à la pression atmosphérique.

Des études plus générales de physiologie de la vie sous pression seront simultanément faites et poursuivies dans un but de prospective dans des domaines de pressions élevées.

- expérience dans le milieu ;
- tenue à jour des expériences effectuées en France et à l'étranger (opération n° 9).

b) **Formation du personnel scientifique et technique à la plongée à saturation.**

Il est en effet très important pour les scientifiques, en particulier, d'utiliser des possibilités d'action directes dans le milieu marin :

Instrumentalistes : mise au point d'appareils, étalonnages, etc...

Géologues et Géophysiciens : étude de microstructures, mouvements des sédiments...

Physiciens et Chimistes : étude des structures fines de la circulation et de la diffusion, de la distribution physicochimique en relation avec les phénomènes biologiques, etc...

Zoologistes et Biologistes : observation directe du comportement naturel de nombreuses espèces ; étude directe de l'influence des modifications du milieu, etc... (opération n° 10).

c) Mise au point d'une législation du travail sous pression et d'une médecine du travail.

Le but à atteindre est d'assurer la bonne marche de nombreux chantiers immergés sur lesquels le travail s'effectuera sans plus de risques qu'en surface, moyennant le respect de règles de sécurité précises ; la législation actuelle ne peut s'appliquer en effet, aux activités sous-marines à grande profondeur. Cela amènera à créer un cadre médical spécialisé (opération n° 11).

d) Développement d'équipements existants. Etude et mise au point d'équipements et d'outillages spéciaux :

- équipements individuels, assurant au plongeur une respiration facile et un chauffage efficace ainsi qu'une grande liberté de mouvements ;
- moyens de déplacement, soit individuels soit communs (tourelles, sous-marin humide ou sous-marin sec à la pression atmosphérique) ;
- outillages adaptés, à l'état d'équilibre avec le milieu ambiant et à la viscosité de ce milieu (opération n° 12).

e) Développement de prototypes fixes ou mobiles d'exploration. Il ne s'agit pas ici d'une opération unique mais du développement du potentiel national d'engins sous-marins mobiles divers et d'installations fixes ; véhicules habités d'observation, véhicules automatiques d'observation, à câbles ou autonomes.

Des études seront poursuivies dans des domaines aussi divers que ceux concernant les moyens de propulsion, de stabilisation, de pilotage ou de télécommande, les liaisons acoustiques en phonie, les sources et les convertisseurs d'énergie, les problèmes de corrosion.

3° Amorcer la mise en place de l'infrastructure et des moyens nécessaires à l'exploitation (objectif n° 3)

- a) **Etudes de prototypes fixes ou mobiles d'exploitation.** Même remarque qu'en 2° e) ci-dessus.
- b) **Etude et réalisation de clôtures,** naturelles ou non, assurant la fixation des populations dans le cadre du développement de l'aquiculture (opération n° 13).
- c) **Etude d'un dispositif d'éclairage profond artificiel** (opération n° 14).

4° Agir efficacement contre la destruction des richesses naturelles (objectif n° 4)

Dans le cadre des choix géographiques concernant des opérations appartenant au thème « Exploitation de la matière vivante », on retiendra les opérations suivantes :

- a) **Recensement permanent des aménagements littoraux** en réalisation ou en projet et dégagement des aspects positifs de ces travaux qui pourraient permettre des expériences d'acclimatation (opération n° 15).
- b) **Recensement permanent des dépôts industriels et urbains** (sources possibles de pollution). Délimitation des zones favorables ou à éviter. Voir thème « Lutte contre la pollution » opération n° 8 (opération n° 16).
- c) **Réalisation de cantonnements et de récifs artificiels,** dans le but de favoriser la reconstitution des richesses détruites ou en cours de destruction par l'exploitation intensive ou par la pollution (opération n° 17).

5° Préparer le sauvetage des hommes, le relevage des épaves, la récupération de matériels ou cargaisons.

- a) Inventaire préalable des moyens existants ou en projet en France et dans le monde (opération n° 18).
- b) Etude d'un prototype d'engin permettant le sauvetage du personnel jusqu'à 500 mètres de profondeur (opération n° 19).
- c) Développement des moyens de récupération de cargaisons ou de matériels (opération n° 20).

Dans les divers domaines intéressant ce thème et en particulier dans le domaine de la plongée, notre pays se trouve actuellement bien placé. L'accent sera mis sur les opérations qui doivent lui permettre de conserver cette position.

2.2.4. THEME N° 4 - LUTTE CONTRE LA POLLUTION

I. — LE THEME

Les dégâts causés en mars 1967 par le naufrage du « Torrey Canyon » ont attiré l'attention du grand public sur le problème des pollutions marines.

Pourtant, aussi spectaculaire qu'aït pu être cette catastrophe, elle ne représente qu'un des aspects de la question ; les pollutions les plus redoutables sont souvent aussi les plus insidieuses car les plus difficiles à détecter.

La menace est très grave, il faut bien voir que par suite de l'expansion démographique, de l'amélioration du niveau de vie, du développement des industries... les quantités d'éléments polluants rejetés dans la mer s'accroissent à un rythme accéléré tandis que le volume du milieu récepteur reste immuable.

L'incidence économique des pollutions est difficile à chiffrer : signalons seulement que l'ensemble des opérations de surveillance et de nettoyage du littoral déclenchées après le naufrage du « Torrey Canyon » a coûté **40 millions de francs actuels** à l'Etat, sans tenir compte du manqué à gagner dont ont été victimes les pêcheurs et les riverains.

En inscrivant ce thème orienteur à son programme, le C.N.E.X.O. entend bien montrer l'importance capitale qu'il attache à la lutte contre les pollutions.

II. — LES OBJECTIFS

La lutte contre les pollutions s'inscrit dans le cadre de trois objectifs :

- 1° conserver la mer propre ;
- 2° nettoyer la mer ;
- 3° prévoir les risques de pollutions et leurs conséquences.

III. — LES OPERATIONS

1° Conserver la mer propre (objectif n° 1)

L'expérience malheureuse du « Torrey Canyon » et bien d'autres encore ont montré que le « nettoyage après coup » s'avère toujours plus onéreux que les mesures préventives prises pour conserver la mer propre. Aussi ne faut-il pas s'étonner que cet objectif soit inscrit en tête du programme.

Les opérations proposées dans ce but se répartissent en deux catégories :

- A. — Réglementation
- B. — Recherche scientifique et technologique.

A. — **Réglementation**

A court terme

- a) **Préparer en liaison avec les instances nationales concernées, une synthèse critique de la réglementation existante, tant nationale qu'internationale.**

La simplifier si nécessaire et l'adapter pour permettre son application à tous les cas de pollution, connus ou nouveaux (opération n° 1).

A moyen terme

- b) **Proposer aux Gouvernements intéressés la création d'une organisation européenne** chargée d'étudier et de centraliser la réglementation concernant notamment celle des pollutions dont les incidences peuvent menacer plusieurs pays à la fois : elle aura à se prononcer sur les demandes d'autorisation de rejets polluants.

A cet effet, des contacts devront être établis par nos représentants avec :

- la C.O.I. ;
 - l'O.C.D.E. ;
 - l'EURATOM ;
 - l'O.M.C.I., etc...
- (opération n° 2).

- c) **Créer à l'échelon national une structure centrale** chargée des mêmes responsabilités et qui serait le correspondant local de l'organisation européenne.

Cette structure qui regrouperait les missions actuellement dévolues à plusieurs instances, pourrait dépendre du C.N.E.X.O.

Dans cette hypothèse, sa mission pourrait ne pas être limitée à l'étude des aspects réglementaires (opération n° 3).

B. — **Recherche scientifique et technologique**

A court terme

- a) **Sélectionner des détergents non ou peu nocifs biologiquement.** On étudiera la toxicité propre, l'évolution en mer, la biodégradabilité (opération n° 4).

A moyen terme

- b) **Étendre l'étude précédente aux pesticides et à d'autres polluants** (opération n° 5).
- c) **Réduire les pollutions Industrielles par les hydrocarbures** au moyen de procédés physico-chimiques susceptibles de diminuer la nocivité des produits rejetés ou au moyen de procédés bactériens susceptibles de les dégrader (opération n° 6).
- d) **Perfectionner les séparateurs d'émulsions** qui équipent les navires et les installations fixes (opération n° 7).

A long terme

- e) En corrélation notamment avec les problèmes posés par les déchets de l'industrie nucléaire, **établir les critères que devraient offrir des zones océaniques éventuellement propices aux décharges de polluants.** Dresser l'inventaire de ces dernières. Cette étude sera couplée avec l'opération n° 15 (opération n° 8).

2° Nettoyage de la mer (objectif n° 2)

Il ne faut pas nourrir trop d'illusions, on n'évitera jamais toute souillure des océans.

Pour l'instant, force est de reconnaître le peu d'efficacité de l'arsenal mis à la disposition de ceux qui doivent éliminer de la mer les déchets qui l'encombrent.

Ici, également, les opérations proposées peuvent entrer dans deux grandes catégories :

A. — Action de lutte

B. — Recherche technique.

A. — Action de lutte

A court terme

- a) **Mise au point définitive du plan d'action** en cours d'élaboration au Secrétariat général de la Marine Marchande (opération n° 9).
- b) **En application du plan ci-dessus**, mise en place aux endroits névralgiques judicieusement choisis, des moyens matériels de lutte (opération n° 10).

B. — Recherche technique

A court terme

- a) **Mise au point de dispositifs de protection** : barrages (opération n° 11).
- b) **Mise au point de traitements chimiques ou physiques des polluants** (opération n° 12).

A moyen terme

- c) **Réalisation d'un navire dépollueur** (opération n° 13).

3° Prévoir les risques de pollution et leurs conséquences (objectif n° 3)

Pour combattre la pollution des océans, il importe de ne pas disperser les efforts dans toutes les directions ; il est par conséquent nécessaire :

- de se faire une idée claire des mécanismes et des modalités de propagation des polluants ;
- de concentrer la lutte sur les polluants les plus menaçants, ce qui suppose qu'une étude préalable sur leur nocivité ait été effectuée ;
- de tenir à jour un inventaire des pollutions de manière à détecter tout accroissement anormal de leur taux.

D'où trois catégories d'opérations :

- A. — Etude des mécanismes de diffusion,
- B. — Etude des conséquences des pollutions,
- C. — Inventaire de la pollution permanente.

A. — Etude des mécanismes de diffusion

A court terme

- a) Après avoir fait la synthèse générale des travaux déjà effectués sur les courants régnant au large de nos côtes, **compléter ces travaux par une étude fine des courants de surface**, notamment dans la zone littorale où sont concentrées les cultures marines et où ces phénomènes sont particulièrement complexes et mal connus.

Une attention particulière sera donnée à l'étude de la réponse du courant de surface local à l'action du vent en fonction notamment de la nature et de la quantité de polluants répandus à la surface de la mer — cas des hydrocarbures entre autres (opération n° 14).

A moyen terme

- b) **Etude de l'effet des phénomènes de diffusion turbulente** sur la répartition des matières polluantes entre des masses d'eau de caractéristiques différentes (opération n° 15).

B. — Etude des conséquences des pollutions

A moyen terme

- c) **Etude du phénomène d'eutrophisation** (fertilisation excessive des eaux par apport de métabolites, phosphates et nitrates notamment) dans une zone littorale limitée (opération n° 16).
- d) **Développement des études en cours sur les différents aspects de la pollution bactérienne** (opération n° 17).

C. — Inventaire de la pollution permanente

A moyen terme

- a) Développement et synthèse des travaux en cours pour **établir des cartes de pollutions côtières** de tous ordres ; tenue à jour de ces documents.

Dans un premier temps, on traitera la question des hydrocarbures et des pollutions bactériennes (opération n° 18).

- b) **Mise au point d'un appareillage de détection des traces d'hydrocarbures** permettant la mesure systématique et fine du taux de la pollution permanente de la mer et des eaux rejetées par les navires et les usines (opération n° 19).

IV. — LES AIRES GEOGRAPHIQUES

Il est bien évident que la lutte contre les pollutions s'exercera là où se manifesteront les menaces les plus graves ; tout ce que l'on peut avancer, c'est qu'il s'agira généralement de secteurs proches du littoral.

Quant à l'inventaire des pollutions permanentes, il progressera le long de nos côtes au fur et à mesure de son exécution.

Reste le cas de certaines opérations de recherche ; pour celles-ci, le choix d'une zone limitée s'impose.

Deux secteurs ont été retenus, tous deux parce qu'ils constituent des zones conchylicoles déjà exploitées ou appelées à un nouveau développement et parce qu'ils sont intéressés par des projets d'implantation de complexes pétroliers, ports et raffineries, dépôts d'hydrocarbures (cas de l'opération n° 6).

Il s'agit :

- de la région du Verdon ;
- de la rade de Brest.

En ce qui concerne cette dernière, il semble avantageux d'y concentrer bon nombre de recherches ; elle constitue un bon modèle, aux contours géographiques nettement

circonscrits. Elle est menacée par des pollutions de nature variée : atomiques, pétrolières, urbaines et industrielles ; elle est bien étudiée sur le plan morphologique (fonds, littoral) et sur le plan des marées et des courants.

A Brest, qui dispose déjà d'une station de dégazage, sera implanté le Centre océanologique du C.N.E.X.O. dont, en outre, une section pourrait être chargée de différentes études sur les pollutions (technologie, recherches physico-chimiques).

Brest pourrait aussi recevoir le service national des pollutions marines, qu'il relève directement ou non du C.N.E.X.O.

Enfin, des opérations, comme l'étude des conséquences du phénomène d'eutrophisation seraient effectuées dans des zones très particulières, la rivière de Belon, dans ce cas précis.

On remarquera qu'aucune mention particulière n'a été faite ci-dessus au sujet des pollutions radioactives ; elles font l'objet, tant en France qu'à l'étranger, d'une surveillance constante et efficace. Des contacts seront pris avec tous les organismes intéressés ; en liaison avec eux, le C.N.E.X.O. sera amené à développer un programme complémentaire concernant ce type particulier de pollution.

Dans ce thème, une priorité sera donnée à toutes les actions tendant à une meilleure application de la réglementation existante ainsi qu'aux opérations de prévention et de prévision des différentes pollutions.

2.2.5. **THEME N° 5 - ACTION DE L'OCEAN SUR LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET CLIMATIQUES**

I. — LE THEME

Le thème concerne essentiellement les interactions entre l'océan et l'atmosphère et par voie de conséquence l'établissement des climats.

Un des apports essentiels des études récentes de la géophysique est l'idée qu'il convient de considérer l'océan et l'atmosphère comme un seul système et non pas comme deux milieux séparés. Car s'il est reconnu que la majeure partie de l'énergie qui fait marcher la machine atmosphérique est prélevée — sous forme de vapeur d'eau — dans la mer, réciproquement ce sont les vents qui sont les responsables de l'essentiel de la circulation océanique. Ces énergies découlent toutes du rayonnement solaire et ont à franchir plusieurs fois l'interface air-mer, transferts thermiques latents (vapeur d'eau) et sensibles de la mer à l'air. Elles provoqueront, au sein des mers, des répercussions qui peuvent être très importantes puisqu'elles sont à l'origine de la formation des eaux profondes (75 % des eaux de l'océan mondial). L'inégale distribution géographique de ces masses d'eau amène à son tour la cession d'énergie de la mer à l'air, l'apparition dans l'air de pressions atmosphériques inégales aux divers points, d'où finalement des vents qui alimentent la mer en énergie mécanique (courants et vagues). Les grands systèmes de courants généraux, de par l'ampleur des circuits qu'ils intéressent, jouent un grand rôle dans l'équilibre calorifique des océans et le conditionnement thermique de notre globe.

Le démontage des mécanismes par lesquels fonctionne — avec un très faible rendement — cette machine thermique océan-atmosphère est difficile mais les connaissances qu'apporteront cette recherche auront des conséquences pratiques et économiques très importantes en ouvrant accès à la prévision météorologique à long terme et, ultérieurement, à l'action humaine sur les climats.

Parallèlement à cette étude analytique des mécanismes, une autre approche, rentable à plus courte échéance, peut être envisagée. Elle s'inspire des procédés utilisés par la météorologie. Il s'agit d'essayer de prédire le temps et l'état de la mer à partir de données synoptiques atmosphériques et océaniques grâce à des méthodes empiriques. Cette démarche de l'esprit va à la rencontre de la méthode analytique précédente qui, plus rigoureuse, permettra de mieux comprendre les phénomènes mis en cause mais n'obtiendra des résultats directement utilisables qu'à plus lointaine échéance. L'approche empirique au contraire permet déjà d'arriver à des prévisions à court et peut-être moyen terme sans exiger la compréhension totale des mécanismes mis en jeu. Il est ainsi possible d'arriver à des prévisions pratiques telles que le routage des navires en fonction des prévisions de l'état de la mer... Par contre la méthode analytique amène à la compréhension des phénomènes et de l'influence que jouent les divers paramètres et conduit à mettre au point les moyens d'action humains de contrôle et de modification du temps ou du climat.

C'est pourquoi le C.N.E.X.O. a reconnu comme objectifs d'une part la prévision de l'état de la mer et du temps à court et à long terme à partir d'une double approche théorique et empirique, d'autre part, à plus lointaine échéance l'action de l'homme sur les phénomènes météorologiques pour les contrôler et éventuellement les modifier.

II. — LES OBJECTIFS

1. Prévision de l'état de la mer et du temps à court et à long terme à partir d'une double approche théorique et empirique.
2. Action de l'homme sur les phénomènes météorologiques pour les contrôler et éventuellement les modifier.

III. — LES OPERATIONS

1° Prévision de l'état de la mer et du temps à court et à long terme à partir d'une double approche théorique et empirique (objectif n° 1)

Pour parvenir à prédire l'état de la mer et le temps à court et à long terme deux méthodes peuvent être envisagées :

- la première consiste :
 - à étudier les phénomènes les uns après les autres, du plus simple au plus compliqué ;
 - à reconnaître leurs réactions mutuelles ;
 - à parvenir finalement à une connaissance complète de tous les phénomènes et de leurs interrelations. Il devient aussi possible de prévoir leur déroulement normal dans le temps.
- un autre procédé consiste à aborder le problème par des méthodes empiriques. A partir de mesures synoptiques on essaie de trouver un modèle ou des corrélations statistiques qui permettent de parvenir à une prédiction qui s'améliore au fur et à mesure des expériences. L'approche empirique de cette méthode permet d'identifier d'une manière de plus en plus précise les diverses relations entre les phénomènes à l'échelle océanique.

Les deux méthodes vont donc à la rencontre l'une de l'autre, et doivent être employées simultanément.

A. — Compréhension des mécanismes d'échanges entre l'océan et l'atmosphère

Les échanges d'énergie entre l'océan et l'atmosphère se font à travers l'interface air-mer de plusieurs manières :

- par rayonnement solaire de l'air vers la mer ;
- par transferts thermiques latents (formation de vapeur d'eau) ;
- par transferts thermiques sensibles de la mer à l'air ;
- par action mécanique du vent sur la mer, créant ainsi les courants et les vagues.

Pour saisir ces différents phénomènes et les expliquer qualitativement, il apparaît indispensable de les étudier le plus indépendamment possible les uns des autres, puis ensuite d'étudier comment ils réagissent les uns sur les autres afin de parvenir à la compréhension des phénomènes dans leur plus grande généralité. C'est pourquoi plusieurs opérations sont retenues qui suivent cette approche progressive de l'étude des phénomènes.

a) Etudes sur modèles

Elles seront réalisées dans une soufflerie air-eau où il est possible de mesurer indépendamment chacun des paramètres mis en jeu, donc d'étudier un phénomène particulier dans des conditions parfaitement définies et contrôlées (opération n° 1).

b) Etude et réalisation d'une bouée laboratoire et de bouées satellites et des capteurs correspondants (opération n° 2).

c) Etudes à petite échelle en mer à partir de bouées laboratoires et de polygones de bouées satellites.

Des études localisées sur une faible surface, grâce à un réseau de bouées satellites d'une bouée laboratoire, permettront d'extrapoler les résultats acquis sur modèles (opération n° 3).

d) Etude et réalisation d'un navire et d'une base à terre pour le service des bouées (opération n° 4).

e) Etudes à l'échelle intermédiaire.

Ces études seront menées à partir des résultats enregistrés sur des bouées, des navires ou des avions, à l'échelle d'un bassin tel que le Nord de la Méditerranée Occidentale. Elles porteront sur des problèmes plus spécialisés comme par exemple :

- l'évolution d'une masse d'air pendant son passage au-dessus d'un bassin ;
- l'évolution d'une dépression et son effet sur la couche superficielle de la mer (opération n° 5).

B. — Essais de prévisions de l'état de la mer et du temps à partir de mesures synoptiques en utilisant une approche empirique

Cette méthode nécessite au préalable une connaissance synoptique des différents paramètres océanographiques et météorologiques. Il sera donc indispensable d'étendre et de rendre homogène un vaste réseau de collectes de données et de centraliser les informations recueillies en un point où seront établies les différentes cartes synoptiques. Une étude empirique des corrélations entre les divers paramètres permettra de prévoir l'état de la mer qui présente tant d'importance pour la navigation, la pêche... et d'indiquer aux navires les meilleures routes à suivre. Une autre méthode de recherche

consistera à essayer de mettre au point un modèle simplifié d'océan. Puis il conviendra d'utiliser conjointement les deux méthodes pour les perfectionner mutuellement et obtenir ainsi une méthode plus sûre de prévision du temps et de l'état de la mer.

C'est dans cet esprit que les opérations suivantes ont été retenues :

a) Détermination et mise en place d'un réseau de mesures synoptiques et de transmission rapide de données.

Ces mesures synoptiques et leur transmission rapide à un centre convenablement équipé sont indispensables pour l'élaboration des cartes synoptiques qui seront l'outil de travail de base utilisé dans cette méthode (opération n° 6).

b) Etude et acquisition d'équipements de mesures (capteurs) économiques et d'un emploi simple.

Pour les navires et avions chargés de les mettre en œuvre (opération n° 7).

c) Mise en place d'un système de routage des bateaux en collaboration éventuelle avec d'autres pays européens.

A partir des cartes synoptiques précédentes, il sera possible d'envisager la création ou la participation à un système de routage des navires. Certains pays européens se penchent en effet déjà sur ce problème et ont entrepris un début de réalisation (opération n° 8).

d) Méthodologie de la prévision du temps à partir des mesures synoptiques en utilisant soit un modèle, soit des corrélations statistiques.

L'étude systématique des cartes synoptiques océanographiques et météorologiques (et en particulier celle des anomalies thermiques de la mer) doit permettre une prédiction meilleure du temps à court et moyen terme. Il est indispensable de mettre au point la méthodologie à employer en utilisant les résultats acquis par des études sur modèle mathématique de l'océan ou par des études de corrélations statistiques (opération n° 9).

2° Action de l'homme sur les phénomènes météorologiques pour les contrôler et éventuellement les modifier (objectif n° 2)

A plus long terme et à partir des résultats obtenus dans la compréhension des mécanismes d'interaction air-mer on cherchera à agir sur les phénomènes météorologiques pour les contrôler et même éventuellement les modifier.

A. — Action sur les paramètres critiques contrôlant les phénomènes météorologiques à l'échelle du modèle et à petite échelle à la mer

Pour parvenir à agir sur les phénomènes météorologiques, il est d'abord nécessaire de déterminer les paramètres critiques qui les régissent et de trouver les moyens d'agir sur eux. Pour prendre le problème de la façon la plus simple il est souhaitable de l'étudier sur modèle dans des conditions où tous les paramètres sont bien connus. Ainsi les phénomènes pourront être parfaitement compris et maîtrisés. De la même façon on pourra mettre au point les différentes méthodes d'action sur ces paramètres et mesurer les conséquences de ces actions. Ces études seront ensuite poursuivies à la mer à petite échelle. C'est ainsi que sont retenues dès maintenant les deux opérations suivantes :

a) Détermination des paramètres critiques à l'échelle du modèle et à petite échelle à la mer (opération n° 10).

b) Intervention sur les paramètres critiques à l'échelle du modèle et à petite échelle à la mer (opération n° 11).

B. — Action humaine sur le temps

Après avoir déterminé et mis au point les moyens d'action sur les paramètres critiques des phénomènes météorologiques, et quand les méthodes de prévision du temps élaborées soit à partir des études théoriques soit à partir des études empiriques donneront des résultats satisfaisants, il pourra être envisagé d'agir sur le temps. Les éléments d'information dont on dispose actuellement ne permettent pas encore de définir le calendrier et les modalités d'une telle opération (opération n° 12).

Il est évident que la réalisation de ce programme suppose la collaboration de nombreux secteurs tels que la Météorologie Nationale, l'Université, l'Industrie... Le nombre et la complexité des opérations envisagées amèneront de multiples équipes à travailler ensemble pour atteindre les objectifs précédemment définis.

La prévision météorologique et climatologique est d'ailleurs une entreprise qui ne peut se concevoir qu'à l'échelle mondiale.

Par contre, les études à petite échelle conduites à partir de la bouée laboratoire, dont les possibilités seront renforcées par l'adjonction d'un réseau de bouées satellites, constituent pour la France, un champ de recherches privilégié ; c'est donc ce travail qu'il conviendra de poursuivre et de soutenir.

2.3. LES ACTIONS DE SUPPORT POLYVALENTES

2.3.1. LES HOMMES

La poursuite des objectifs ainsi précisés, le succès des opérations prévues pour y parvenir ne pourront être assurés que si l'océanologie française dispose d'hommes capables de mener à bien cette entreprise.

Tout programme d'action suppose l'existence d'un personnel qui lui soit adapté, tant au point de vue qualitatif qu'au point de vue quantitatif. Il n'y a là aucune innovation et cet aspect du programme entre bien dans le cadre des actions de formation professionnelle inscrites au V^e Plan et dont on peut être d'ores et déjà assuré qu'elles seront développées dans le VI^e Plan.

Si d'une manière générale la formation des hommes est un problème complexe, la tâche est particulièrement délicate dans le domaine qui nous concerne.

Cela tient à divers facteurs :

- 1° La prise de conscience des possibilités offertes par les différents types d'exploitation des ressources de la mer est encore trop récente pour que l'on puisse évaluer d'une manière précise les besoins en personnel.
- 2° L'océanologie ne constitue pas une science à proprement parler. Encore plus que pour l'espace, les sciences de la mer sont plutôt un champ d'application de connaissances dérivées de sciences fondamentales. Elles supposent donc un personnel varié et spécialisé.
- 3° La nécessité de lier la formation des hommes à l'existence de débouchés de carrière est délicate car dans la plupart des secteurs, ces carrières sont encore mal définies.

4° La contrainte du milieu exige des hommes un certain nombre de qualités particulières, d'ordre physique ou psychologique.

L'œuvre à accomplir est donc difficile. Elle nécessite une phase préliminaire consacrée à rassembler les éléments d'information tant en France qu'à l'étranger.

Les propositions du C.N.E.X.O. seront donc précédées d'une réflexion collective des diverses parties intéressées qui devront confronter, au sein d'un groupe de travail, leurs idées sur un certain nombre de thèmes et sur les méthodes qu'il conviendra d'appliquer.

I. — THEMES DE REFLEXION

Précisons dès l'abord que l'exposé de ces thèmes suit un ordre chronologique reposant sur des situations concrètes correspondant à des degrés d'urgence plus que sur un ordre logique qui s'imposerait à l'esprit si l'on se trouvait dans un domaine vierge.

1. Problèmes relatifs aux chercheurs

Ils sont de deux ordres, très liés l'un à l'autre, mais qu'il convient de dissocier au stade de l'analyse : l'un a trait à la **formation**, et l'autre à la **carrière**.

a) Formation des chercheurs

Ils sont formés essentiellement par les enseignements de caractère supérieur dispensés par les Universités et les Grandes Ecoles.

Des formations spécialisées ou complémentaires sont assurées par certains organismes tels que l'I.S.T.P.M., l'O.R.S.T.O.M., l'Institut Océanographique de Paris, le Service Hydrographique...

Plus la pépinière sera importante, plus il sera facile de sélectionner :

- d'une part, les éléments aptes à devenir de bons chercheurs ;
- d'autre part, ceux dont le rôle, non moins nécessaire, est de décharger les premiers des travaux de caractère plus routinier.

Il est indispensable au progrès de la recherche qu'une sélection s'opère. Or celle-ci doit reposer, non seulement sur le critère du diplôme, mais sur les aptitudes intellectuelles, physiques et psychologiques des candidats ainsi que sur leur faculté d'adaptation au milieu marin.

Ces considérations supposent :

— **un examen minutieux des programmes** en liaison, bien sûr, avec l'Education Nationale.

Ils devront comprendre des enseignements fondamentaux communs, des enseignements spécialisés orientés vers certaines disciplines (océanographie biologique, océanographie physique, etc...). Dans ce domaine, plutôt que d'innovation à proprement parler, il sera probablement suffisant d'analyser et éventuellement de proposer des retouches à l'organisation du 3^e cycle.

— **une aide financière** aux jeunes qui veulent se destiner à la recherche océanique. Jusqu'alors la D.G.R.S.T. a ainsi soutenu chaque année, une trentaine de chercheurs en formation par l'attribution de « contrats de formation » dans le cadre d'une convention avec le C.N.R.S. Le C.N.E.X.O. développera cette action.

— **l'organisation de stages pratiques.**

La question de l'orientation professionnelle est suffisamment posée à l'heure actuelle pour qu'il soit besoin d'insister sur les dangers que présentent tant au point de vue économique qu'au point de vue social les erreurs d'orientation.

Le meilleur moyen semble bien être l'organisation de stages pratiques destinés à mettre en évidence les qualités indispensables au chercheur en océanologie : esprit d'équipe, adaptation à la vie en mer, etc... Il est nécessaire que pendant cette phase de formation, des missions en mer soient organisées, en nombre et en durée suffisants, pour pouvoir apprécier ces qualités fondamentales.

En plus de ces stages à la mer, il serait souhaitable d'envisager des « stages industriels » permettant d'orienter ultérieurement certains éléments vers les services de recherche des entreprises exerçant leur activité dans le domaine de l'exploitation des océans.

Cette pratique doit être considérée comme un moyen d'ouvrir les esprits par de fréquentes confrontations d'hommes aux préoccupations immédiates différentes mais non contradictoires, puisqu'en définitive, elles se traduisent en termes de progrès économiques.

Un tel mode de formation des hommes ne doit-il pas conduire à cette coopération de l'université et de l'industrie, si nécessaire à notre temps ?

b) Avenir des chercheurs

Si les chercheurs constituent l'ossature principale de l'océanologie, le problème de leurs débouchés n'est toujours pas résolu. Certains ont pu trouver place dans des organismes tels que le C.N.R.S., l'O.R.S.T.O.M., ou l'I.S.T.P.M. qui leur offraient un cadre juridique de travail ; d'autres ont pu faire carrière dans l'Enseignement Supérieur. Il reste que la position d'un assez grand nombre d'entre eux demeure précaire et mal définie. Outre l'insécurité qui en résulte et le frein que cela peut constituer pour le recrutement, cette situation présente l'inconvénient grave d'une trop grande disparité d'un laboratoire à un autre.

Cet état de fait et la création du Centre océanologique de Bretagne rendent nécessaire la définition d'une politique.

Les conditions particulières du travail à la mer, les aléas de la recherche devront être toujours présents à l'esprit de ceux qui se pencheront sur ce problème. Le besoin de sédentarité éprouvé par l'homme de 40 ans, le fait qu'à cet âge 80 % des chercheurs ont abandonné la recherche aux Etats-Unis, sont des phénomènes dont il convient de tenir compte. Le cadre devra être conçu de manière à attirer aux sciences de la mer, des jeunes gens formés tant à l'Université que dans les écoles d'ingénieurs.

Il conviendra, par ailleurs, de prendre toute mesure apte à harmoniser les développements de carrière et à faire correspondre les recrutements à l'évolution des programmes. Cette formule aurait de plus l'avantage de soulager les laboratoires d'une gestion administrative pour laquelle ils sont souvent mal équipés.

2. Problèmes des équipages

Nous avons suffisamment mis l'accent sur les contraintes du milieu pour qu'apparaisse la nécessité de disposer d'équipages particulièrement entraînés à la conduite des navires océanographiques.

Les expériences, tant françaises qu'étrangères, permettent de conclure que le succès des campagnes à la mer suppose une cohésion et une coopération étroite de l'équipage et de l'équipe de recherche. Cela implique que les marins soient à même de pouvoir effectuer un certain nombre de tâches matérielles et techniques en dehors de la conduite du navire.

Cet aperçu ouvre des horizons enrichissants pour de tels hommes à qui des débouchés de carrière nouveaux peuvent s'offrir, au prix d'une formation complémentaire qui ne devrait pas soulever de difficultés insurmontables.

Ce problème de la formation de l'équipage est en outre primordial, si l'on veut tenter de définir la composition optimale de l'effectif d'une mission en mer.

3. Formation des Ingénieurs et des techniciens ainsi que des cadres supérieurs de la pêche

Le besoin d'ingénieurs et techniciens en océanologie se fait sentir actuellement au stade de la recherche. Il va croissant au fur et à mesure que se développeront l'exploration et l'exploitation des océans.

Bien qu'il se pose à des niveaux différents, le problème de la formation de ce personnel soulève à peu près les mêmes questions de principe, pour les ingénieurs et pour les techniciens.

Doit-on, en particulier, concevoir un enseignement et une formation originale distincts des enseignements et formations existants ?

Si l'on adopte cette solution, il va sans dire qu'il ne peut s'agir que d'un niveau complémentaire d'application ou de spécialisation pour les mêmes raisons que celles évoquées à l'occasion de la formation des chercheurs.

La question mérite réflexion mais plutôt que de fonder des écoles nouvelles spécialisées ou polyvalentes, il est probablement préférable, au moins dans un premier temps, de créer des sections nouvelles dans quelques écoles ou d'instituer des cours à option. Citons à titre d'exemple pour de grandes écoles d'ingénieurs : le génie océanique. Des expériences pourraient être tentées qui permettraient de procéder par étapes.

Mais il faut bien se persuader que les « techniques de la mer » peut-être encore davantage que les « sciences » doivent pour être maîtrisées bénéficier d'une application au milieu. Rien ne peut donc remplacer les stages en mer.

Par ailleurs des techniciens et des ingénieurs peuvent être formés rapidement par des reconversions assez facilement réalisables pour certains. Nous pensons notamment aux différents techniciens de la Marine Nationale ou aux anciens de la Marine Marchande qui présentent l'immense avantage de connaître la mer et les conditions de travail qu'elle impose. De nouvelles possibilités de carrière devraient pouvoir aussi leur être offertes assez rapidement.

Ces réflexions restent par nécessité, très générales ; il est bien évident que pour dégager des solutions positives, il faudra envisager le problème différemment pour chaque technique particulière.

La pêche offre un exemple concret de la nécessité de former rapidement des cadres.

Il apparaît en effet à l'examen que d'une part, leur nombre est insuffisant et que d'autre part, le niveau de leurs connaissances doit être élevé.

Les difficultés du monde de la pêche sont en partie liées à ce problème dont la solution doit avoir des répercussions sociales. Or actuellement, la formation des cadres est laissée à l'initiative privée ou à celle de quelques Chambres de Commerce. Il importe qu'elle soit coordonnée et repensée, car les études entreprises en matière de technologie des pêches ne déboucheront pas si notre pays ne dispose pas de pêcheurs aptes à les mettre en application.

Si l'on veut bien considérer que la pêche constitue l'exploitation essentielle des océans à l'heure actuelle, on voit que « l'enseignement de la pêche » au sens large est un problème à examiner en première urgence.

4. Etude de l'analyse des débouchés

Rien n'est plus néfaste sur le plan économique, rien n'est plus désastreux sur le plan humain que de former des hommes sans emploi. Aussi convient-il avant de se lancer dans de telles opérations de procéder à des évaluations de besoins. La tâche n'est pas aisée.

L'énoncé des opérations du C.N.E.X.O. prévues dans les pages précédentes, permet néanmoins de se faire une opinion ; mais il faut la compléter par des enquêtes auprès des autres organismes et des entreprises industrielles, de manière à définir un marché de l'emploi.

La difficulté de l'entreprise incite toutefois à la prudence et à la nécessité d'assurer la fluidité d'un tel marché.

Le recyclage est une soupape qu'il convient d'utiliser. Le retour aux sources, le rafraîchissement des connaissances fondamentales doivent permettre de maintenir des passerelles entre les sciences et techniques de la mer et les autres disciplines.

Le recyclage, facteur de mobilité, est en définitive source de progrès. Enrichissant sur le plan individuel, il écarte la sclérose, il prolonge la vie active, il permet de rétablir des équilibres d'emploi particulièrement fragiles du fait de leur extrême sensibilité aux mouvements de l'économie.

Dans notre domaine, du fait des grandes difficultés éprouvées pour évaluer les besoins en personnel, il convient de mener de front, dès le départ, spécialisation et recyclage ; c'est un moyen d'éviter les risques résultant d'une formation figée dans le cadre d'une économie particulièrement évolutive.

Cet examen n'a pas la prétention d'être exhaustif. D'autres sujets de réflexion ne manqueront pas de s'imposer alors mêmes que certaines solutions seront proposées ou adoptées :

- le besoin par exemple en « économistes de la mer » est inhérent à toute préoccupation d'exploitation des océans.

II. — METHODOLOGIE

Ces quelques aperçus d'un problème essentiel, en montrant l'étendue et la complexité.

Son approche doit être menée avec le souci constant de coller aussi étroitement que possible à la réalité économique.

Pour y parvenir, le C.N.E.X.O. procédera à un certain nombre d'analyses portant sur la situation actuelle, en recueillant les idées et les avis des représentants d'organismes directement intéressés au progrès de la connaissance et à l'exploitation des océans.

Avant d'entreprendre des actions nouvelles, il faut connaître d'une manière précise ce qui existe, en faire le bilan positif et négatif, c'est-à-dire faire apparaître les avantages, les défauts, les insuffisances, les absences. C'est la première tâche actuellement entreprise par un groupe de travail réuni à l'initiative du C.N.E.X.O.

Dans un deuxième stade, l'on examinera ce qui peut être développé, étendu, voire généralisé. Il sera alors procédé à des comparaisons avec ce qui existe, à l'étranger d'une part, dans le domaine même des sciences et techniques de la mer, en France d'autre part, dans d'autres secteurs comparables (par exemple l'espace).

L'expérience des organismes à vocation de recherche, tant générale comme le C.N.R.S. que spécialisée comme l'O.R.S.T.O.M. ou l'I.S.T.P.M., servira de guide pour lancer des formules nouvelles.

Avant de s'engager dans des processus difficilement réversibles, il sera prudent de procéder par étapes expérimentales de portée limitée. Il est attendu d'expériences de ce genre, après l'examen critique de leur déroulement, qu'elles permettent de progresser sur des bases concrètes.

Enfin, il serait souhaitable que le C.N.E.X.O., dans le cadre de sa mission de coordination, puisse inspirer progressivement et recueillir toutes les données relatives à l'évolution de l'emploi dans le domaine océanique qu'il s'agisse de la recherche pure, de la pêche ou de l'exploitation des richesses de toute nature.

Pour y parvenir, il convient d'organiser les rapports du C.N.E.X.O. tant avec les services de l'Etat qui sont chargés de cette tâche qu'avec les organisations professionnelles intéressées.

Il restera à évaluer les coûts, en investissement et en fonctionnement, correspondant aux mesures qui seront proposées. La formation à la mer est onéreuse. Elle nécessite des équipements lourds, du matériel scientifique et du personnel. Mais chercheurs, ingénieurs et techniciens sont indispensables au développement de la connaissance et de l'exploitation des océans, que le Gouvernement a décidé de promouvoir.

Si donc la tâche est difficile et de longue haleine, elle n'en est pas moins exaltante. A l'heure où la compétition économique internationale aboutit à un éclatement des structures traditionnelles jusque dans le domaine de l'enseignement, au moment où l'on ne cesse de prôner la « formation permanente », on ne peut qu'émettre le vœu que la mise en valeur de la mer bénéficie, d'une manière privilégiée, de cet esprit de réforme.

C'est en effet la chance de ce secteur d'activité de prendre son essor, alors même qu'apparaît la nécessité et que s'affirme la volonté de créer des structures dynamiques de promotion sociale.

2.3.2. LE CENTRE OCEANOLOGIQUE DE BRETAGNE

Pour que les hommes de toutes provenances et de toutes disciplines dont l'océanographie a besoin, et dont la formation et le déroulement de carrière sont l'une des premières préoccupations du C.N.E.X.O., ainsi que l'on vient de le voir, pour que ces hommes donc puissent travailler dans de bonnes conditions, il est indispensable de mettre à leur disposition, au bord même des océans, les laboratoires ou mieux les centres susceptibles de les abriter et de leur fournir les moyens de recherche, d'exploitation et d'exploitation dont dépend leur efficacité.

L'Université l'a compris qui depuis longtemps a créé sur le littoral soit pour les besoins de l'enseignement, soit pour ceux de la recherche, et le plus souvent pour les deux, de nombreux centres dépendant directement des Facultés des sciences intéressées à l'océanographie, et, plus récemment, du C.N.R.S.

La mutation qui en matière d'océanographie s'opère à l'heure actuelle dans les principaux pays maritimes, conduisant à un développement accéléré tourné en grande partie vers l'**exploitation**, rend maintenant nécessaire de compléter ces réalisations universitaires par une structure d'une autre dimension. Ainsi que l'a en effet souligné la Commission d'océanographie du V^e Plan, du fait de leur dispersion géographique, les chercheurs français « forment de trop nombreuses petites équipes, en général insuffisantes pour faire aboutir rapidement des études d'une certaine ampleur ».

Par voie de conséquence l'océanographie est restée jusqu'ici en France presque exclusivement cantonnée par discipline alors que les exemples étrangers, tant outre Atlantique que dans les pays européens comparables au nôtre, nous montrent la valeur de la réunion de nombreux chercheurs dans des centres polyvalents où peut s'opérer la concentration de moyens importants.

Toutes ces raisons, et par surcroît la nécessité de disposer d'un instrument susceptible de permettre la réalisation de programmes dont le soutien technologique sera d'une dimension sans commune mesure avec ceux jusqu'ici utilisés, ont conduit la Commission d'océanographie du V^e Plan d'abord, le C.O.M.E.X.O. ensuite, enfin le C.N.E.X.O. qui leur succède, à proposer et faire décider la création d'un grand centre polyvalent d'océanologie à Brest.

1. Les missions du Centre océanologique de Bretagne

La mission principale du Centre océanologique de Bretagne et qui résume toutes les autres, c'est d'être un instrument privilégié et indispensable à la réalisation du programme prioritaire résultant des choix du C.N.E.X.O.

D'un point de vue plus analytique, cette mission présente les principaux aspects suivants :

- a) Constituer un **centre de recherches polyvalent** par la réunion de laboratoires spécialisés dans les principales disciplines océanographiques : géologie et géophysique, physique et chimie, biologie et microbiologie. L'accent sera probablement mis dans une première phase sur la géologie et la géophysique afin d'accélérer la cartographie du plateau continental, première étape nécessaire à l'évaluation des possibilités d'exploitation dans le domaine minéral.

Mais par delà des objectifs précis, fixés en terme d'opérations, les buts poursuivis sont d'une part de réunir un nombre suffisant de chercheurs pour que soit atteinte la « masse critique » génératrice de haut rendement, d'autre part de fonder sur le travail en commun et la collaboration de chaque jour les échanges interdisciplinaires.

- b) Servir de **base logistique** à l'océanographie française en associant étroitement le Centre à l'utilisation des bateaux de recherche de grand et moyen tonnage. Il est en effet nécessaire, non seulement que le matériel délicat et fragile mis en œuvre à partir de ces navires soit réglé et servi par les mêmes équipes à terre comme à bord, mais encore que la préparation et l'exploitation des campagnes polyvalentes puissent être faites à terre en réunissant les participants, et leur offrant des conditions de travail qui n'ont jusqu'ici pu être obtenues.
- c) Fournir à tous les exécutants du programme national un **support technologique** susceptible de leur apporter l'aide efficace dont ils ont besoin pour valoriser leurs travaux. Les services techniques du C.N.E.X.O. implantés à Brest devront par conséquent d'une part être à la pointe de la recherche-développement en ce qui concerne l'instrumentation et les technologies-supports : engins, hautes pressions, plongée, corrosion, etc... ensuite mettre au point en collaboration avec l'industrie, les spécifications des matériels à réaliser, enfin assurer les recettes, essais et qualifications de ces matériels.
- d) Abriter le **Centre national de calcul et de traitement des données** de l'océanographie française, partie intégrante d'un centre de documentation lui aussi absolument nécessaire. La croissance du nombre des données océanographiques est à l'heure actuelle exponentielle, alors que certaines disciplines comme la biologie ou la pêche ne font que commencer à utiliser les possibilités d'enregistrement et de calcul.

Cet aspect de la mission de Brest est d'ailleurs développé ci-après de façon spécifique (voir plus loin : traitement des données).

Mais en définitive, il convient de voir que l'originalité, et l'efficacité du Centre à créer ne résulteront pas de son adéquation à l'une ou l'autre des missions ainsi présentées, mais se déduiront de la réunion au sein d'un même organisme et **en un même lieu** d'équipes et de moyens attachés à la réalisation d'un programme.

2. L'organisation du Centre océanologique de Bretagne

L'organisation du Centre océanologique de Bretagne a déjà fait l'objet d'une première étude menée par le C.O.M.E.X.O. Cette étude doit être maintenant reprise et précisée, les principes de base restant acquis.

Tout d'abord la Direction du Centre devra être fortement organisée ; pour cela le Directeur dépendra directement de la Direction Générale du C.N.E.X.O., il aura autorité sur tous les personnels travaillant au Centre quels que soient leur statut ou leur organisme de rattachement et au besoin imposera la cohésion des équipes et leur collaboration pour l'exécution du programme général.

Les chercheurs viendront de différents horizons. Bien qu'il soit encore impossible de décrire leur situation administrative, tout laisse penser que les uns, constituant des équipes permanentes, dépendront directement du C.N.E.X.O. et que les autres seront détachés pour des périodes d'une certaine durée par les principaux organismes ou structures intéressés à l'océanographie. Ces derniers, constitués « en antennes » pourraient garder une certaine autonomie de travail dans le cadre du programme général, en continuant en particulier d'entretenir avec leurs maisons d'origine des liens étroits dans le domaine scientifique. Bien entendu, seront accueillis aussi les chercheurs français ou étrangers, désireux d'effectuer des stages ou de procéder à des opérations limitées d'exploitation de données ou de documentation.

Tout le personnel assurant le support technologique devra, par contre, être du personnel permanent et par conséquent sous statut C.N.E.X.O.

La nature des rapports hiérarchiques ou fonctionnels au sein des différents services et leur degré d'exigence seront bien entendu à envisager de façon à donner à l'ensemble la plus grande souplesse possible, mais avec obligation de résultats.

Le Centre doit être l'organisme pilote au service de la politique définie par le programme et donc étroitement ordonné à ce dernier.

3. La réalisation du Centre océanologique de Bretagne

Les travaux de réalisation du Centre océanologique de Bretagne devraient commencer dès le milieu de 1968 sur le terrain de 40 hectares mis à la disposition du C.N.E.X.O. par la Municipalité de Brest près de la plage de Sainte-Anne-du-Portzic et la première tranche s'étaler environ sur cinq années.

Il est attendu que les premières installations soient en état de fonctionner dès 1970.

Les effectifs pourraient atteindre environ 200 personnes (dont la moitié en personnel scientifique et technique) vers 1972 et 400 personnes à partir de 1975.

2.3.3. L'INFORMATION

L'information joue un rôle fondamental dans l'ensemble des objectifs que se propose le C.N.E.X.O. et constitue la matière d'une troisième action de support à caractère polyvalent. Elle s'applique d'une part aux données du monde océanique (collecte ; traitement ; centralisation), et d'autre part à l'exploitation et à la diffusion de nos connaissances (documentation ; veille scientifique, technique et économique ; publications).

1. Collecte des données

La multiplication des points d'observation et de mesure, condition du progrès de nos connaissances, nécessite le développement des procédés de collecte. Toute mesure faite, tant à bord des navires que des bouées-laboratoires ou des bouées automatiques, doit pouvoir être transmise à un centre de traitement et d'exploitation dans des délais

convenables. Il s'agit donc d'établir des canaux de transmission de données entre les points de mesure (ou les points de première concentration) et les centres situés à terre. Cette transmission pourra se faire à l'aide de supports matériels (bande magnétique, par exemple); mais elle devra faire appel dans la plupart des cas à des procédés radioélectriques. L'utilisation de bandes de fréquence larges sur de grandes distances nécessitera des relais de transmission (bouées, avions ou satellites). A cet égard, les vols de routine de certains avions permettront de mettre au point l'emploi des satellites — collecteurs de données. Dans certains cas, les ondes décamétriques pourront servir, ce qui rendrait inutile tout relais intermédiaire.

Les transmissions de données se feront vraisemblablement uniquement sous forme numérique, ce qui exigera la quantification des mesures et des observations le plus en amont possible de la chaîne de collecte.

2. Traitement des données

Toute mesure faite à la mer nécessite un traitement préalable, appelé traitement primaire, en raison, soit de l'appareil de mesure (correction d'étalonnage), soit de la méthode de mesure (quantification des mesures analogiques et codage des observations qualitatives). De plus, le Centre de données est susceptible d'effectuer un certain nombre de traitements ultérieurs, appelés traitements secondaires, tels que : calcul des valeurs standards, élaboration des documents synoptiques. Enfin, toute exploitation des données à des fins scientifiques ou techniques exige des calculs effectués à l'aide de moyens de même nature que ceux requis par les traitements énumérés ci-dessus.

Une partie des traitements primaires sera de plus en plus effectuée en amont de la chaîne de transmission, au niveau du point de mesure ou d'une première concentration. Les traitements secondaires et les calculs scientifiques seront, par contre, exécutés dans un centre de données doté d'équipements de calcul suffisamment puissants et susceptibles de servir à d'autres fins (voir ci-après).

3. Centralisation des données

La centralisation des données est assurée par un centre de données qui a pour fonction l'enregistrement et la restitution (1) de l'ensemble des données obtenues à la mer, les traitements primaires lorsqu'ils n'ont pas été effectués en amont de la chaîne de transmission et les traitements secondaires nécessaires à une bonne utilisation des données. A cet effet, il est muhi, non seulement des moyens de calcul requis par ces traitements, mais aussi des moyens d'enregistrement et de restitution (1) réalisables aujourd'hui par des procédés électroniques (ordinateurs équipés de mémoires de masse). Enfin il offre aux chercheurs des possibilités importantes en matière de calcul scientifique en raison des équipements qu'il possède.

Un tel Centre doit être accessible facilement à tous les utilisateurs, être doté des moyens de diffusion appropriés et être en liaison directe avec les autres centres, nationaux, étrangers et mondiaux. Il trouve naturellement sa place au sein du Centre océanologique de Bretagne.

4. Documentation

Fournir aux chercheurs et aux techniciens la documentation appropriée en temps voulu est l'un des problèmes majeurs auquel sont confrontés aujourd'hui la recherche scientifique et le développement technologique. Le nombre des publications scientifiques mondiales susceptibles d'intéresser les océanographes était évalué à 1.500 en 1967, sans compter les ouvrages de référence, les publications techniques, les bulletins d'information et les rapports de toute nature. Ce nombre ne peut que croître en raison de l'intérêt que portent les nations à l'océan. La seule solution à un tel problème est l'automatisation à l'aide d'ordinateurs.

(1) "Storage and retrieval" en anglais.

Le centre documentaire doit être en possession de tous les documents utiles ; la référence et les caractéristiques de chaque document sont alors mises en mémoire dans un ordinateur ; le document peut être retrouvé à l'aide de questions simples posées à l'ordinateur ; l'ordinateur est également à même de signaler automatiquement et sélectivement tout document nouveau à des abonnés définis par leur profil d'intérêt.

Un tel centre documentaire doit donc être équipé, non seulement d'ordinateurs adaptés à cette fonction, mais aussi de moyens de reproduction, de diffusion et de liaison avec tous les utilisateurs. Afin de ne pas disperser les moyens électroniques de traitement, de calcul et de documentation (moyens qui présentent de nombreux éléments communs, tels que l'unité centrale et certains périphériques), il y a lieu d'associer étroitement le centre documentaire au centre de données.

5. Veille scientifique, technique et économique

La veille scientifique, technique et économique a pour mission de fournir tous les éléments d'information susceptibles d'influer sur le programme du C.N.E.X.O., soit au stade de sa présentation, soit au cours de son exécution. Elle fait appel non seulement à la documentation traditionnelle, mais aussi aux bulletins d'information, aux rapports et comptes rendus de toute nature et à toute information recueillie par quelque moyen que ce soit. Elle s'intéresse à l'événement d'actualité ; elle est orientée par le programme de l'organisme qui l'utilise.

6. Publications

La diffusion des connaissances acquises s'effectue principalement par le canal des publications. Ces publications sont nombreuses, même en France. Toutefois, les publications françaises sont très spécialisées et n'ont pas toutes atteint ni le volume de diffusion, ni le niveau international souhaitables. En raison de l'importance des résultats qui ne manqueront pas de s'accroître grâce aux moyens que les Pouvoirs publics ont confiés au C.N.E.X.O., il apparaît nécessaire de mettre sur pied dans un délai compatible avec les moyens existants, les deux publications suivantes :

- a) un bulletin d'information à large diffusion faisant connaître les objectifs et les réalisations du C.N.E.X.O. et des organismes d'étude et d'exploitation de l'océan ;
- b) une revue interdisciplinaire de classe internationale, permettant de rendre compte des travaux effectués dans les différents secteurs d'activité du monde océanique.

CHAPITRE III

LES IMPLICATIONS DES CHOIX

Les choix du C.N.E.X.O. définis ci-dessus dans le cadre des thèmes d'exploitation, impliquent une orientation des activités de recherche et de développement en vue de faire converger les efforts de toutes les équipes disponibles et de réaliser les moyens qui leur sont nécessaires.

Parmi les disciplines scientifiques concernées par ces choix, on peut distinguer quatre groupes principaux qui concernent :

- **la vie** : (biologie en milieu marin) ;
- **l'eau** : (dynamique de l'océan et chimie de l'eau de mer) ;
- **le fond** : (géologie et géophysique marines) ;
- **l'homme** : (physiologie de l'homme sous la mer et médecine du travail sous pression).

Chacune de ces disciplines comporte des secteurs privilégiés susceptibles de fournir les deux catégories suivantes d'information : celles qui sont utilisables directement dans le cadre des thèmes et celles qui peuvent, soit permettre une meilleure compréhension des phénomènes rencontrés par l'exploitant, soit suggérer de nouveaux procédés.

Ces informations sont en partie le fruit de la recherche fondamentale, source de progrès et de dynamisme du programme d'orientation.

Les moyens, dont la réalisation procède du développement technique, comprennent :

- **les moyens lourds**, servant de support (navires, sous-marins, engins et installations fixes) ;
- **les matériels et équipements** propres aux activités d'exploration, d'étude et d'exploitation.

Pour la réalisation des uns et des autres, il sera nécessaire de surcroît de maîtriser un certain nombre de **techniques de base**.

Le développement de ces techniques est l'homologue, dans le secteur technologique, de la recherche scientifique fondamentale. Il conditionne directement le progrès des moyens mis à la disposition des utilisateurs de la mer.

3.1. LA RECHERCHE

3.1.1. LA VIE

Si l'on excepte ce qui a directement trait à l'homme, les disciplines biologiques en milieu marin peuvent être divisées en trois branches principales :

- l'océanographie biologique ;
- l'océanographie des pêches ;
- la biologie marine.

L'océanographie biologique a pour objet l'étude des rapports qui existent entre les êtres vivants d'une part, le milieu qui les entoure d'autre part. Son but ultime est une conception d'ensemble du cycle de la matière vivante dans les océans et des mécanismes qui en déterminent le déroulement.

L'océanographie des pêches borne son domaine aux espèces exploitées par l'humanité, et cherche à définir pour chacune d'elles un taux optimal de prélèvement ; elle est conduite d'autre part à envisager les problèmes de technologie et de réglementation des pêches.

Enfin, la biologie marine comporte une large zone de recouvrement avec l'océanographie biologique ; c'est le domaine encore peu connu de l'écophysiologie.

Les travaux qui relèvent de ces trois disciplines sont principalement orientés par les objectifs du thème n° 1 : « Exploitation de la matière vivante ».

Dans le cadre de l'étude du cycle de la matière vivante (objectif n° 1 du thème), il est nécessaire de connaître avec précision la production végétale des eaux néritiques (1) françaises, d'évaluer les quantités de matière organique élaborées par les petits herbivores benthiques et pélagiques, et surtout d'acquérir les données quantitatives sur le fonctionnement d'une communauté simple comportant trois niveaux de production. Les mesures précises des rendements énergétiques partiel et global seront très utiles car les estimations actuelles manquent des appuis expérimentaux suffisants ; elles permettent en même temps de déterminer le taux de croissance et de renouvellement de nombreuses espèces dans les zones géographiques étudiées, en vue de déduire la valeur optimale d'exploitation. Dans le même ordre d'idée, les opérations de l'objectif n° 2, qui consistent dans l'évaluation des populations de quelques espèces commerciales des côtes françaises, s'appuieront sur les travaux de physiologie comparée des mêmes espèces dans deux zones géographiques de leur aire de répartition (Atlantique et Méditerranée). En matière de dynamique des populations l'application des méthodes statistiques à la production d'espèces d'invertébrés non utilisables par l'homme, mais intervenant dans les chaînes alimentaires, est également d'un grand intérêt.

La recherche de l'utilisation optimale des produits et sous-produits de la pêche, la mise au point de procédés de fabrication de concentrés protéiques marins, implique un développement de la biochimie comparée des organismes marins, branche de la biologie marine encore peu développée en France.

Enfin, les opérations de l'objectif n° 5 concernant divers essais de mise au point et de développement de l'aquiculture demandent un effort de recherche portant sur la croissance et la production d'espèces en élevage à grande échelle dans des conditions sans doute différentes de ce qui se passe dans la nature (nourriture en surabondance, ni compétiteurs, ni prédateurs), mais qui ne peuvent malgré tout être restituées par la seule expérimentation en laboratoire, où l'on n'opère que sur un petit nombre d'individus, en volume limité et pendant de courtes périodes ; on devra aussi contrôler rigoureusement les facteurs externes. D'autre part, les problèmes biologiques posés par les élevages (en particulier lorsque l'on cherche à obtenir la reproduction d'animaux en captivité) conduisent à développer divers domaines de la physiologie (équilibres endocriniens, jeu antagoniste des substances inhibitrices et stimulantes, etc.).

En raison de l'importance des phénomènes biologiques au sein des eaux, certaines opérations appartenant à des thèmes autres que le thème n° 1, relèvent également de ces disciplines, en particulier :

- les opérations qui ont pour objectif de protéger la nature, à savoir : l'étude des conséquences biologiques des aménagements littoraux et l'aménagement des zones de rejet des déchets et de zones de protection biologique ;
- l'étude de l'attaque biologique des structures marines et des salissures qui s'y développent, en vue d'améliorer la tenue des ouvrages à la mer ;
- l'étude de la nocivité et de la dégradation des principaux polluants (détergents, pesticides, et hydrocarbures) ;
- l'étude des phénomènes d'eutrophisation induits par la pollution ;
- l'étude de la pollution bactérienne.

(1) Se dit des eaux susjacentes au plateau continental.

3.1.2. L'EAU

A. — Dynamique de l'océan

La dynamique de l'océan concerne l'étude des mouvements périodiques et aperiodiques de l'océan, mais l'ensemble océan-atmosphère n'étant au fond qu'une immense machine thermique, la compréhension des échanges océan-atmosphère est essentielle à cette discipline. C'est sur l'étude des phénomènes qui se produisent à la limite air-eau que portera l'essentiel de l'effort du C.N.E.X.O. Cela entraînera une collaboration très étroite entre les océanographes et les météorologues. La constitution d'équipes interdisciplinaires pourra se révéler souhaitable.

Tous les objectifs du thème n° 5 font appel à l'océanographie physique ; ils ont pour but :

- la connaissance des mécanismes d'échange entre l'océan et l'atmosphère ;
- la prévision de l'état de la mer et la contribution aux prévisions météorologiques générales ;
- l'action sur les phénomènes météorologiques.

Les travaux d'océanographie physique contribuent également à la réalisation de certains des objectifs ordonnés à l'exploitation de la matière vivante, thème n° 1.

Ce sont les objectifs qui ont pour but :

- la connaissance du cycle de la matière vivante, qui dépend étroitement des caractéristiques physiques du milieu ;
- l'étude du comportement et l'évaluation de la masse des stocks des espèces d'intérêt économique, qui dépendent également des mêmes caractéristiques physiques ;
- l'amélioration de la transplantation et de l'acclimatation ainsi que le développement de l'aquiculture, dont le succès est conditionné par une parfaite connaissance du milieu marin au sein duquel vivent les espèces concernées.

De plus, certaines mesures à caractère physique telles que la mesure des températures de surface, au moyen d'avions ou de satellites, devraient contribuer efficacement à l'amélioration des techniques de la pêche.

Comme le développement des espèces marines dépend étroitement des caractéristiques physiques du milieu océanique, la collaboration des physiciens devra se faire ici avec les biologistes.

Certaines opérations appartenant aux autres thèmes relèvent également de l'océanographie physique. Ce sont par exemple :

- l'étude de la résistance des structures marines à l'agitation de surface en vue d'améliorer la tenue des ancrages ;
- l'étude de la diffusion des polluants soit en surface par les vents et les courants, soit au sein des eaux par les phénomènes d'agitation turbulente ;
- l'implantation de zones de rejet des déchets industriels et urbains qui doit tenir compte de la diffusion possible des polluants contenus dans ces déchets.

B. — Chimie de l'eau de mer

Les recherches sur la chimie de l'eau de mer, encore dénommée océanographie chimique, ont pour objet l'étude des substances présentes à l'état dissous, colloïdal ou particulaire dans l'eau de mer, substances de nature minérale ou organique. Les

interactions de cette discipline avec d'autres disciplines océanographiques (et particulièrement avec la biologie, la géochimie et la physique) sont très nombreuses et il en résulte une certaine difficulté à individualiser l'océanographie chimique. Les travaux de chimie de l'eau de mer se trouvent donc orientés par des objectifs répartis sur les cinq thèmes d'exploitation retenus par le C.N.E.X.O. L'opération la plus importante qui relève de cette discipline est le dessalement de l'eau de mer, avec le traitement des saumures qui en résulte.

En ce qui concerne l'exploitation de la matière vivante, thème n° 1, la dépendance étroite entre le développement biologique et la composition chimique des eaux motive de nombreuses recherches d'océanographie chimique. Parmi les résultats escomptés, la connaissance précise du cycle de dégradation et de régénération de la matière organique apportera des résultats fondamentaux d'un grand intérêt pour la compréhension quantitative d'un système biologique : l'étude systématique des substances ectocrines devrait permettre d'expliquer certains aspects du comportement des espèces d'intérêt économique, mais apportera également des éléments d'interprétation des mécanismes intervenant dans l'apparition et le maintien des groupements naturels. Parallèlement à ces études faites dans le domaine naturel, on appliquera les résultats obtenus au développement de l'aquiculture et spécialement aux problèmes cruciaux de l'obtention et de l'élevage des larves.

Dans la pratique, les travaux d'océanographie chimique appliquée à la biologie auront pour but :

- de connaître le cycle de la matière vivante ;
- d'étudier le comportement et d'évaluer les stocks des espèces d'intérêt économique ;
- d'améliorer la transplantation et l'acclimatation, de développer l'aquiculture.

Pour l'exploitation des matières minérales et fossiles, et en dehors des problèmes liés au dessalement de l'eau de mer mentionnés plus haut, la chimie est concernée par la formation de certains dépôts sédimentaires (tels que les phosphates et phosphorites) ou de certaines formations métalliques (nodules polymétalliques). Une meilleure connaissance des phénomènes de phosphatogénèse et de métallogénèse nous permettra peut-être, d'extraire de façon économique les minéraux dissous dans l'océan.

L'activité chimique de l'eau de mer joue également un rôle important dans la reconnaissance et l'aménagement de la marge continentale et du littoral, thème n° 3, en particulier pour la tenue des ouvrages à la mer (protection des installations contre la corrosion) et pour la détermination des zones de rejet des déchets industriels et urbains (interactions chimiques entre les déchets et l'eau de mer).

La chimie est encore concernée par la lutte contre la pollution, thème n° 4, en particulier par l'étude de la nocivité et de la dégradation des principaux polluants (détergents, pesticides, hydrocarbures).

Des opérations à caractère de génie chimique ont pour but :

- d'améliorer les séparateurs d'émulsions hydrocarbures-eau de mer qui sont créées lors du nettoyage des cuves de transport et de stockage de produits pétroliers ;
- de créer des détecteurs, en milieu organique, des traces d'hydrocarbures ;
- d'éliminer les masses polluantes d'hydrocarbures par des procédés chimiques qui seront employés conjointement avec des procédés physiques.

Enfin, les mesures précises des modifications qui interviennent à la surface des eaux dans les interactions océan-atmosphère, thème n° 5, comprennent des mesures à caractère chimique (principalement les mesures de salinité et de chlorinité).

Ces mesures seront effectuées soit pour connaître les mécanismes d'échange entre l'océan et l'atmosphère (en laboratoire ou en mer), soit en vue d'établir les prévisions de l'état de la mer et de contribuer aux prévisions météorologiques générales (équipements de mesures embarqués).

3.1.3. LE FOND

La géophysique et la géologie marines ont pour objet l'étude de la constitution des fonds marins et de leur évolution dans le temps. Les travaux qui relèvent de ces disciplines sont orientés principalement par les objectifs du thème n° 2 « Exploitation des matières minérales et fossiles ». Dans un premier temps, ces objectifs ont été limités au plateau continental français. En effet, c'est sur la marge continentale que les espoirs d'exploitation minière et pétrolière rentables sont les plus sûrs dans l'immédiat et c'est sur le plateau français que l'on pourra le plus rapidement et le plus économiquement atteindre une compréhension générale des problèmes d'exploration et d'exploitation.

Les implications scientifiques de ce programme seront importantes. Ce sera d'abord une étude détaillée de l'histoire plio-quadernaire de la marge continentale française (aspect surtout géologique), histoire qui a déterminé la concentration et la localisation des dépôts miniers dans la couverture meuble. Mais ce sera également l'histoire de l'évolution structurale du rebord du plateau (aspect surtout géophysique) qui est indispensable aux pétroliers pour étendre vers le large leur prospection méthodique. Or, cette évolution structurale du rebord continental joue un rôle fondamental dans toute théorie d'ensemble de l'évolution des continents.

Dans la pratique, les objectifs retenus ont pour but :

- de développer les équipements et matériels de prospection, y compris les matériels de prélèvement ;
- de déterminer la couverture sédimentaire du plateau continental français ;
- d'établir l'inventaire des matières à extraire du plateau continental français et de mettre au point les procédés d'extraction.

Certaines opérations appartenant à des thèmes autres que le thème n° 2, relèvent également de la géologie marine, en particulier :

- l'implantation des ouvrages sur les fonds, qui demande une bonne connaissance des propriétés mécaniques des sédiments ;
- l'établissement de zones de rejet des déchets qui requiert une connaissance approfondie du comportement, en particulier sur la pente, des sédiments nouveaux constitués par les déchets.

L'exploration des grands fonds dans un but d'exploitation a été retenue par le biais des travaux préliminaires sur les nodules polymétalliques. Il est en effet encore trop tôt pour estimer l'ensemble des possibilités dans ce domaine et donc pour y orienter d'une manière précise des recherches ayant une application directe.

Cela ne veut pas dire que l'exploration des structures profondes ne soit pas d'une importance fondamentale. L'évolution tectonique du globe détermine la localisation des structures orogéniques et des dépôts miniers qui peuvent y être associés. Elle contrôle les modifications de la morphologie, l'activité sismique, etc... Or cette évolution n'avait jamais pu être comprise dans son ensemble puisque les 72 % de la surface terrestre couverte par les eaux y échappaient. Ce sont les résultats obtenus récemment en géophysique et géologie marines qui permettent de penser qu'on arrive enfin à une

théorie unitaire capable d'expliquer et de prédire l'évolution du globe. En particulier, le rôle antithétique joué par les dorsales, d'une part, les fonds océaniques et les chaînes de montagne tertiaires d'autre part, semble primordial dans cette évolution. De plus, l'étude des sédiments accumulés sur le fond des bassins océaniques permet enfin de reconstituer en son entier une histoire paléoclimatique de la terre qu'on pourra sans doute faire remonter jusqu'au tertiaire. Or, la connaissance de l'évolution à long terme du climat terrestre peut être un facteur important dans la compréhension des lois qui le contrôlent.

Cette « percée » récente entraîne sur le plan international une activité toujours plus intense dans laquelle la France n'est encore que faiblement représentée.

Pour renforcer cette présence dans un domaine en pleine évolution, le C.N.E.X.O. favorisera une exploration scientifique des fonds abyssaux qui entourent notre continent, exploration qui ne pourra sans doute réellement se développer que dans le cadre de la coopération internationale.

On s'attachera en particulier à reconnaître les transitions entre les structures continentales et les structures abyssales sur les côtes atlantique et méditerranéenne et entre les structures abyssales et la structure de la dorsale médio-Atlantique. On développera dans ce but les moyens d'exploration profonde à distance (sondage sismique, magnétique, gravimétrique) et en profondeur. On étudiera l'implantation des stations de mesure et de veille sismique en profondeur, pour obtenir une compréhension plus exacte des mouvements à l'origine des séismes. On cherchera à obtenir des échantillons plus profonds et plus complets de la couche sédimentaire en améliorant les méthodes de carottages, en participant à des programmes de forage profond, comme celui du JOIDES.

La position géographique de la France est privilégiée puisqu'elle se trouve à proximité des structures orogéniques tensionnelles (dorsale médio-Atlantique), compressives (Crête de Gibraltar, Açores et Méditerranée occidentale) et de marges continentales marquant probablement la cicatrice laissée par la dérive des continents (marge Atlantique). C'est donc surtout dans ces régions que le C.N.E.X.O. cherchera à préparer l'avenir, tant il est évident que l'intérêt économique se déplacera à plus ou moins long terme, comme l'intérêt scientifique, du plateau continental vers des zones de plus en plus profondes.

3.1.4. L'HOMME

La physiologie et la médecine de l'homme sous la mer s'appliquent directement, dans le cadre du thème n° 3 (reconnaissance et aménagement de la marge continentale et du littoral) à la pénétration de l'homme dans l'élément marin.

L'adaptation de l'homme à ce milieu, objectif de la plus haute importance pour la maîtrise du monde océanique, requiert une meilleure connaissance de la physiologie de l'homme sous la mer (en particulier la mise en évidence des limites de pénétration qui demeurent largement inconnues aujourd'hui) et le développement de la médecine du travail sous pression. Il est nécessaire de mieux connaître le comportement des gaz dissous dans l'organisme, leurs interactions avec les différents tissus et en particulier les tissus nerveux, les causes de la toxicité et de la narcose présentées par les gaz sous pression. Des études approfondies menées tant sur l'homme que sur des animaux proches, sont donc à poursuivre pour mieux comprendre les résultats encourageants déjà atteints et pour préparer les phases suivantes dans des conditions de sécurité qui permettront la généralisation du travail sous la mer.

CHAPITRE IV

MÉTHODES ET MOYENS DE RÉALISATION DU PROGRAMME

4.1. LA MISE EN ŒUVRE A L'ECHELON NATIONAL

Le programme ayant été défini, il reste à le mettre en œuvre, tâche très vaste mais qui ne doit pas cependant faire perdre de vue la nécessaire et délicate coordination du reste des activités océaniques.

4.1.1. LE PROGRAMME D'ORIENTATION « OCEAN »

Le programme proposé par le C.N.E.X.O. résulte d'un choix ; cinq thèmes orienteurs ont été retenus (cf. chapitre 2), qui ne couvrent pas par eux-mêmes la totalité des secteurs d'activités océaniques et à l'intérieur desquels une sélection d'objectifs et d'opérations détermine une nouvelle limitation ; le choix de ces thèmes, qui visent à développer une exploitation rationnelle des ressources de la mer, s'appuie, nous l'avons vu, sur des critères d'ordre économique, sans que, toutefois, la nécessité de poursuivre et d'intensifier notre effort de recherche scientifique ait été perdue de vue.

Le programme du C.N.E.X.O. se présente donc d'abord comme un programme de promotion ; compte tenu des travaux déjà effectués en France, il précise la nature des efforts nouveaux qui devront être consentis et leurs points d'application particuliers, points qui se situent toujours dans des secteurs névralgiques de la recherche et du développement.

Il peut ainsi s'agir :

- de secteurs dans lesquels la France entend conserver l'avance acquise ; c'est le cas par exemple, pour de nombreuses opérations du thème n° 3, « Reconnaissance et aménagement de la marge continentale », et plus particulièrement pour tout ce qui concerne l'adaptation de l'homme au milieu marin ; pour le thème n° 5, « Action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques » avec l'étude des interactions océan-atmosphère ;
- de secteurs où, au contraire, un retard inquiétant a été constaté ; ainsi, pour l'aquiculture, thème n° 1, « Exploitation de la matière vivante », pour un certain nombre d'opérations du thème n° 4, « Lutte contre la pollution » ;
- le plus souvent, enfin, de secteurs susceptibles d'offrir immédiatement ou à terme, un intérêt économique certain ; c'est le cas pour l'ensemble des thèmes n° 1, « Exploitation de la matière vivante », et n° 2, « Exploitation des matières minérales et fossiles », et pour de nombreuses opérations des trois autres thèmes.

Pour un certain nombre de secteurs, qui portent en eux-mêmes les éléments de leur propre développement, ceux qui en particulier sont pourvus d'une structure d'étude puissante et dotés de ressources financières importantes (recherches d'hydrocarbures, défense nationale..., par exemple), le C.N.E.X.O. ne propose pas explicitement de programme spécifique, bien qu'il soit évident que ces secteurs seront appelés à bénéficier directement ou indirectement des résultats acquis à l'occasion d'autres études ou recherches.

Cela dit, il convient de montrer comment se situe le programme proposé par le C.N.E.X.O. par rapport aux activités des différentes institutions et des différents organismes qui, en France, se consacrent à temps plein ou à temps partiel à l'océanologie et de préciser la nature des liens à établir avec eux.

Il a été tenu compte, pour l'élaboration du programme, de l'existence d'organismes spécialisés, du potentiel humain et matériel dont ils disposent et, évidemment, des programmes particuliers exécutés ou envisagés par chacun d'entre eux.

Si les objectifs fixés demeurent assez vastes, ce qui est nécessaire pour donner au programme une indispensable souplesse d'adaptation imposée par la conjoncture future, les opérations retenues, plus limitatives, s'appuient le plus souvent sur une infrastructure déjà existante ; elles tendent à développer vigoureusement et à renforcer certaines actions entreprises ou projetées par tel ou tel organisme public ou privé ou à infléchir leurs lignes directrices.

L'exécution d'un programme d'une telle ampleur ne saurait donc être conçue qu'en liaison étroite avec lesdits organismes.

Il ne peut être question de donner ici une liste complète des organismes ou des laboratoires qui pourront être associés à la réalisation du programme océanographique national. Tout au plus peut-on, en procédant par thèmes, en citer quelques-uns parmi les plus représentatifs, en se limitant au secteur public.

Thème n° 1 : « Exploitation de la matière vivante »

- Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (I.S.T.P.M.) ;
- Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.).

Thème n° 2 : « Exploitation des matières minérales et fossiles »

Essentiellement les établissements sous tutelle du Ministre de l'Industrie :

- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) ;
- Institut Français du Pétrole (I.F.P.) ;
- Entreprise de Recherche et d'Activités Pétrolières (E.R.A.P.).

Thème n° 3 : « Reconnaissance et aménagement du plateau et de la marge continentale »

Pratiquement tous les organismes déjà cités ci-dessus, y compris l'O.R.S.T.O.M. en ce qui concerne les zones hors-métropole, auxquels s'ajoutent des services du Ministère des Transports (Services maritimes des Ponts et Chaussées), et des Armées (Marine Nationale).

Thème n° 4 : « Lutte contre la pollution »

- Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes ;
- Institut Français du Pétrole ;
- Services et Commissions spécialisés des Ministères des Transports, de l'Industrie, des Armées, de l'Intérieur...
- Laboratoires divers effectuant des recherches dans le domaine de la chimie.

Thème n° 5 : « Action de l'océan sur les conditions météorologiques et climatiques »

- Direction de la Météorologie Nationale ;
- Laboratoire d'océanographie physique du Muséum National d'Histoire Naturelle ;
- Service Hydrographique de la Marine.

C'est à dessein que ne figurent pas dans cette liste tous les laboratoires relevant du Ministère de l'Éducation Nationale et notamment ceux du Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.) et des Enseignements Supérieurs; en fait, il est évident que bien des aspects des problèmes de recherches inhérents à l'exécution de tous les thèmes seront de leur ressort.

La Marine Nationale, enfin, sera appelée à une large collaboration, dans de très nombreux domaines, et notamment le Service Hydrographique en ce qui concerne la cartographie et les levés nécessaires à la plupart des actions entreprises.

Cette liste, répétons-le, n'a de valeur qu'indicative; elle n'est pas exhaustive; en fait, le C.N.E.X.O. s'adressera notamment à ceux des organismes dont l'océanologie est une des vocations naturelles, et qui ont, dans le passé, donné des preuves d'efficacité et déjà obtenu des résultats.

Cela n'exclut pas, évidemment, que des travaux soient confiés à des hommes ou à des organismes nouvellement venus à l'océanologie, après étude de leurs possibilités.

Enfin, et il convient d'insister sur ce point, le C.N.E.X.O. s'assurera la collaboration du secteur privé chaque fois qu'il lui semblera opportun, tant en ce qui concerne les associations sans but lucratif que les industriels.

Il est difficile et sans doute prématuré de dégager les modalités exactes d'exécution des opérations. On peut seulement avancer que, en règle générale, le C.N.E.X.O. pourra être amené à confier à l'un ou à plusieurs des laboratoires ou organismes compétents le soin de mener à bien une opération définie en procédant par voie de contrats de recherches ou de marchés qui leur apporteront les moyens financiers ou technologiques **complémentaires** voulus. Une grande prudence sera toutefois observée en ce qui concerne le recrutement de personnel sur ces contrats, ce problème des hommes devant faire l'objet d'une étude particulière.

Enfin dans le cadre d'une action entreprise avec le concours de plusieurs participants, l'articulation des différentes équipes entre elles sera précisée en fonction des responsabilités et des compétences de chacun.

Reste évidemment le cas où aucun des organismes existants ne se révélerait à-même de conduire à bonne fin l'exécution d'une opération, soit qu'elle ne relève de la compétence d'aucun d'entre eux, soit que les moyens complémentaires nécessaires apparaissent disproportionnés par rapport aux moyens disponibles.

Le C.N.E.X.O. pourra alors être conduit, selon les circonstances :

- à proposer la mise en place d'un service public adéquat, autonome ou non ;
- à faire exécuter pour son propre compte l'opération par une ou plusieurs entreprises privées ou organismes publics ;
- à créer, au sein même de sa propre organisation, les équipes de recherche nécessaires, dans le cadre du Centre océanologique de Bretagne, notamment.

On a peu parlé jusqu'ici de l'**industrie** bien que l'exploitation des océans soit avant tout — et en dernière analyse — une grande aventure industrielle. Tous les efforts du C.N.E.X.O. dont les orientations sont données par le programme n'ont en effet pour but unique que de hâter le moment où l'ensemble des ressources de la mer pourra faire l'objet d'une exploitation rentable.

Mais, dans cette perspective, il faut bien voir que le programme du C.N.E.X.O. n'est pas et ne peut pas être un programme industriel. Dans une certaine mesure, il est **préalable** à un programme industriel que seuls d'ailleurs les industriels peuvent se tracer en assumant, le moment venu, les risques de « l'entrepreneur ». Préalable, il l'est au moins dans deux directions. D'abord il a pour but de mettre en place les supports généraux et indispensables à toute entreprise d'exploitation : acquisition de connaissances

sur le milieu, cartographie, procédés de localisation, expérimentation des conditions de travail sous la mer, etc... ; ensuite il oriente de ce fait même l'industrie vers des problèmes techniques avec lesquels il faudra qu'elle se familiarise. Mais tout cela n'est encore que promotion et actions quasi-ponctuelles.

Cette phase préalable ne saurait intéresser vraiment que l'industrie d'« équipement ». Il revient, en effet, à celle-ci d'étudier et de mettre au point le matériel nouveau, nécessaire à la réalisation du programme, dans une perspective résolument moderne et évolutive. Pour y réussir, il paraît souhaitable qu'une très bonne liaison soit assurée avec le C.N.E.X.O. et que, dans cette optique, celui-ci définisse la politique industrielle qu'il entend suivre.

La phase de développement industriel viendra ensuite car il ne faut surtout pas confondre préparation de l'exploitation et exploitation proprement dite. Les choix du C.N.E.X.O. indiquent quels types d'exploitation il y a lieu de préparer — et ces indications seront tenues à jour ; encore faudra-t-il que le moment venu et après les études de faisabilité puis de marchés, puis de rentabilité, l'industrie se lance dans son domaine propre qui est de créer des marchés, de vendre (et pas seulement à l'Etat) et de faire des bénéfices.

Si bien qu'en définitive, et contrairement aux apparences, ce ne sont pas les implications scientifiques et technologiques ou les orientations du C.N.E.X.O. sur la façon de réaliser son programme qui sont les plus importantes pour l'industrie ; ce sont les choix proprement dits qui laissent apparaître, de façon encore inégale et avec les chances normales d'erreur, sur quels sentiers s'engage une entreprise qui, du point de vue économique, ne conduit pas tant à des retombées qu'à des réalisations vendables, analysables en termes de consommation et de niveau de vie.

4.1.2. LA COORDINATION DE L'ENSEMBLE DES ACTIVITES OCEANOLOGIQUES NATIONALES

Le C.N.E.X.O. a donc choisi de faire porter, par son entremise, l'effort national sur des secteurs bien définis ; mais le caractère **sélectif** des opérations ne doit pas faire oublier la nécessaire **cohérence** du développement de l'océanologie française ; les opérations retenues seraient sans significations si elles ne s'inscrivaient dans le cadre d'une politique globale.

Par ailleurs, si l'on se penche sur l'organisation actuelle, on s'aperçoit aisément que, par suite du nombre de laboratoires et d'organismes existants et de la diversité de leurs préoccupations, la quantité de sujets traités dans le domaine est relativement grande ; il convient donc de tirer le meilleur parti de cette situation. C'est précisément pour en tenir compte que la Loi a confié au C.N.E.X.O. la mission de **coordonner** l'ensemble de ces activités, qu'elles s'inscrivent ou non dans le cadre du programme proposé par lui.

Le C.N.E.X.O. agissant en tant que Conseil du Gouvernement est donc appelé à animer la politique générale de l'océanologie française ; dûment informé des programmes de chacun, il sera consulté à l'occasion de la préparation budgétaire ; il s'efforcera d'harmoniser les efforts et d'éviter les doubles emplois, il cherchera à ne laisser dans l'ombre aucun des secteurs vitaux de l'océanologie.

Ici encore, et comme dans la définition de son programme, le C.N.E.X.O. ne pourra encourager le développement de **toutes** les activités océaniques ; ses avis exprimeront donc les urgences et les priorités qu'il recommandera au Gouvernement.

Toutefois il ne saurait être exclu que, dans certains cas, le C.N.E.X.O. apporte, outre sa caution, un appui financier direct ou une aide humaine ou technologique à des opérations présentant, de façon nouvelle, un intérêt primordial bien que ne s'inscrivant pas explicitement dans le programme qu'il aura proposé.

4.2. LA COOPERATION INTERNATIONALE

Il convient d'abord de rappeler que le Décret n° 67-314 du 1^{er} avril 1967 à l'article 1^{er}, dispose que le C.N.E.X.O. :

« Est consulté sur la politique de coopération internationale et sur la préparation « des accords de coopération internationale. »

« Assure l'exécution des programmes qui relèvent de sa compétence et notamment « en liaison avec les Affaires Etrangères, des programmes internationaux auxquels la « France participe... »

Le C.N.E.X.O. doit donc jouer à l'égard des organismes dépendant des autres ministères le rôle de coordonnateur pour tous les programmes sous sa responsabilité, qui ont des implications internationales.

4.2.1. LA COOPERATION INTERNATIONALE EST UNE NECESSITE

L'océan revêt un caractère international par excellence. Il faut malheureusement reconnaître que l'eau, élément essentiel à la vie de l'humanité a, au cours de l'histoire, plus divisé les nations qu'elle ne les a unies, favorisant l'isolement et la puissance des unes, l'asservissement des autres, suscitant partout des rivalités dans l'exploitation des richesses de l'immensité marine.

Mais, depuis longtemps, l'humanité a pris conscience du fait que l'océan était un patrimoine commun au même titre que l'air et l'espace. La mise en valeur de ce vaste domaine devrait donc n'être le privilège d'aucune nation, mais concerner tous les pays sans exception, pourvus ou non de rivages marins.

4.2.2. LA RECHERCHE DOIT IGNORER LES FRONTIERES

Comme il a déjà été dit, la mise en valeur du domaine présuppose la connaissance du domaine lui-même. Le sujet à étudier est beaucoup trop vaste, beaucoup trop variable pour qu'un seul pays, même en mobilisant toutes ses possibilités, parvienne à un résultat significatif dans tous les secteurs. Toutes les nations doivent donc unir leurs efforts et mettre en commun leur capital scientifique, tant humain que matériel.

Les chercheurs et techniciens qui se consacrent à l'océanologie sont de plus en plus nombreux, de plus en plus spécialisés. Il semble donc primordial d'établir de bons contacts entre eux en multipliant les échanges. Malheureusement des obstacles de tous genres s'y opposent :

- la barrière des langues d'abord, responsable de la trop lente diffusion de l'ensemble des connaissances ;
- la diversité d'origine et de formation des chercheurs et techniciens ensuite, qui font que les études et travaux entrepris ne sont pas immédiatement ni partout transposables, les résultats obtenus pas toujours acceptés par les diverses communautés scientifiques.

L'habitude du travail en commun devrait permettre de réaliser progressivement une certaine unification des méthodes et un minimum de standardisation dans la présentation des résultats.

Certains pays disposent de moyens océanographiques trop faibles pour qu'un résultat valable puisse être obtenu sur le plan local. En unissant leurs moyens à ceux d'autres pays également défavorisés les résultats atteints seront considérablement améliorés. Dans le cas des navires océanographiques en particulier, le rendement de deux navires travaillant en étroite liaison représente plus que le double de celui de chacun d'eux pris séparément; le coût de la recherche s'en trouve abaissé d'autant. Les campagnes océanographiques à plusieurs bâtiments devraient donc constituer la règle des années à venir.

4.2.3. L'EXPLOITATION DES RESSOURCES DE LA HAUTE MER DOIT ETRE ENTREPRISE POUR LE MIEUX-ETRE DE TOUS

On a maintes fois dénoncé le danger d'une nouvelle compétition de type colonial en matière d'exploitation des ressources de la mer et solennellement proclamé que les mers profondes et le fond de la mer étaient propriété de l'humanité tout entière; on a parfois ajouté que l'exploitation des ressources de la mer devrait aider les pays économiquement les moins favorisés à combler leur retard par rapport aux pays « sur-développés ».

Si tous les pays sont d'accord sur le principe que les richesses de la Haute Mer ne sont la propriété de personne en particulier, mais appartiennent à l'humanité en général, force est de reconnaître que les limites de la Haute Mer sont assez mal définies et qu'il risque d'y avoir des conflits d'intérêts faute d'une adhésion générale aux textes internationaux existants ou de leur interprétation uniforme. Il convient donc de préciser le droit de la Haute Mer par l'élaboration de nouvelles conventions internationales susceptibles de résoudre les problèmes très délicats relatifs à l'exploration et à l'exploitation de l'espace océanique ainsi qu'à son statut juridique.

4.2.4. L'EXPLOITATION DE LA PLATE-FORME CONTINENTALE DOIT PROFITER A CHAQUE ETAT RIVERAIN

L'exploitation des richesses de la plate-forme continentale relève en principe de la compétence des Etats qui en exercent « des droits souverains »; encore reste-t-il à définir le domaine d'application des droits de chaque Etat. Le tracé de ces nouvelles frontières ne s'annonce pas si facile.

Le double critère retenu par l'Article 1^{er} de la Convention de Genève du 29 avril 1958 pour la définition du plateau continental (profondeur de 200 m et possibilité d'exploitation) risque de remettre en question le principe de liberté de la Haute Mer dans la mesure même où les progrès scientifiques et techniques permettront l'exploitation des richesses du fond et du sous-sol marins. La France a d'ailleurs émis une déclaration selon laquelle « le terme régions « adjacentes » se réfère à une notion de dépendance géophysique, géologique et géographique qui exclut par elle-même une extension illimitée du plateau continental ».

Il n'en demeure pas moins que les technologies nouvelles susceptibles de se développer risquent d'établir des monopoles de fait qui ne feront que consacrer l'avance des pays riches, perpétuant l'état de dépendance des pays les moins développés.

Le C.N.E.X.O. recommande que, chaque fois que cela est possible, nos connaissances et notre technique puissent être mises au service des pays en voie de développement.

4.2.5. LES FORMES DE COOPERATION INTERNATIONALE

La plupart des pays intéressés par le milieu marin ont déjà commencé à travailler ensemble à cette tâche immense; pourtant il ne faut pas cacher que dans ce secteur règne un certain désordre; il tient essentiellement à la diversité des buts poursuivis par les différentes nations maritimes. Les unes mettent l'accent sur l'exploitation in-

tensive des ressources de la mer, les autres sur la sauvegarde de ces mêmes ressources dans l'espoir d'une mise en valeur plus rationnelle.

Les pays sont donc conduits à se grouper en associations recouvrant une même zone géographique ou se consacrant à l'étude de problèmes particuliers. Ces groupements d'intérêts ou de défense, dignes d'encouragement, mais qui le plus souvent s'ignorent, devraient être rassemblés à l'intérieur d'associations plus larges. Malheureusement à ce besoin de concentration s'oppose l'esprit d'indépendance des nations et les traditions de certains états.

Nous sommes donc conduits à considérer les différentes formes de coopération internationale.

A. — La coopération au sein des Nations Unies

On pourrait penser que de toutes les structures internationales, l'Organisation des Nations Unies est, par essence, la mieux adaptée et la plus apte à promouvoir la coopération internationale. Si la plupart des nations maritimes s'y retrouvent en effet, certaines n'en font pas partie, ce qui nuit à l'autorité des décisions qui sont adoptées.

Depuis quelques temps les activités maritimes internationales ont pris au sein des Nations Unies une ampleur considérable. Trois aspects de ces activités retiennent particulièrement l'attention.

a) Les ressources de la mer

Par la Résolution 2172 de l'Assemblée Générale, le Secrétaire Général a été chargé de procéder à une enquête sur les activités internationales dans le domaine des sciences et techniques de la mer et sur les perspectives d'une mise en valeur des ressources de l'océan dans l'intérêt de l'humanité.

Le rapport présenté devrait permettre aux Nations de prendre conscience de l'importance de l'enjeu et de l'urgence à apporter des solutions aux problèmes qui engagent l'avenir de notre planète.

b) Les fonds marins

Par la résolution 2340, adoptée à l'issue d'un débat sur une proposition présentée par le Gouvernement de Malte, un Comité spécial de 35 pays membres s'est vu confier la tâche, « d'analyser les aspects scientifiques, techniques, économiques, juridiques et autres » relatifs aux fonds marins et de donner « une indication quant aux moyens pratiques de favoriser la coopération internationale dans les domaines de l'exploration, de la conservation et de l'exploitation du lit des mer et des océans ainsi que de leur sous-sol ».

c) L'océanographie en général

En appuyant les efforts de la Commission Océanographique Intergouvernementale (C.O.I.) pour réaliser un début d'action concertée entre les différents Etats membres, et les autres grandes organisations — l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (O.A.A.), l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.), l'Organisation Maritime Consultative Intergouvernementale (O.M.C.I.), etc... — les Nations Unies expriment leur volonté de coordonner toutes les activités qui intéressent l'océanologie (voir en annexe la liste des Organisations Internationales).

Cette coordination est plus que nécessaire. Les organisations fonctionnelles ou régionales se sont multipliées au fur et à mesure des besoins ; il est indispensable d'encourager maintenant les fusions, voire la suppression de certaines organisations désormais inutiles.

La division des responsabilités entraîne forcément une perte d'énergie et d'efficacité ; toutes les organisations n'ont que trop tendance à accroître leurs frais de fonctionnement, à multiplier les colloques et réunions internationales.

A plus ou moins longue échéance il faudra rebâtir l'océanographie mondiale. La création d'une institution spécialisée s'imposera peut-être, mais le C.N.E.X.O. ne la recommandera que dans la mesure où elle concentrera plusieurs organismes existants.

B. — La coopération internationale à l'extérieur des Nations Unies

La plupart des institutions internationales intéressées par l'océan existaient avant que ne soit créée l'Organisation des Nations Unies. Certaines s'occupent de secteurs techniques particuliers comme le Bureau Hydrographique International (B.H.I.) ; le Conseil International pour l'Exploration de la Mer s'est, lui, fixé pour tâche l'étude générale des océans, mais devant l'immensité du sujet à été conduit à en limiter le champ d'application à l'Atlantique et aux mers avoisinantes, laissant à des organisations analogues le soin d'explorer les autres mers...

Il est souhaitable d'éviter que par une politique de présence à tout prix, les moyens de l'océanographie française ne soient éparpillés, donc mal utilisés.

C. — La coopération européenne

La plupart des pays d'Europe ont en commun une vocation ancienne. Partant de la constatation que leur expérience, leurs compétences et possibilités leur donnent au départ une certaine homogénéité, les pays européens en sont arrivés à la conclusion qu'il est indispensable que dans le monde de demain certains regroupements s'effectuent pour permettre à l'océanographie européenne de prendre sa vraie dimension. Cet objectif ne saurait être atteint que par une action concertée des Etats européens dans tous les secteurs de l'océanographie.

D. — Les coopérations bilatérales

Les coopérations bilatérales ont l'avantage sur les autres types de coopération de placer nettement chacun des contractants devant ses responsabilités. Les contacts sont plus faciles à établir, à maintenir et la coopération prend forcément un aspect limité et précis, favorable à un développement harmonieux.

Le C.N.E.X.O. recommande ce type de coopération.

4.2.6. LES SUJETS DE COOPERATION

Si l'océan mérite d'être étudié dans sa totalité, devant l'immensité de la tâche, il est souhaitable d'établir des priorités. Il serait préférable que celles-ci soient définies par les plus hautes instances internationales. Malheureusement, concevoir un véritable programme mondial est une œuvre de longue haleine ; en attendant, chaque Etat ne peut qu'exposer son programme national, établi en tenant compte de ses besoins propres et des priorités internationales connues.

Le C.N.E.X.O. en choisissant de faire porter ses efforts sur un nombre restreint de thèmes, en se proposant d'atteindre des objectifs limités, espère apporter sa contribution à cette œuvre d'intérêt général.

L'exploitation de la matière vivante (thème n° 1) est une préoccupation mondiale. Certains pays y consacrent une part de plus en plus grande de leur activité économique et cela ne va pas sans inquiéter d'autres nations maritimes qui vivent pour une large part des produits de la mer. Certaines espèces risquent de disparaître alors

que d'autres dédaignées jusqu'à présent pourraient contribuer à la solution du problème de la faim dans le monde. Il faut donc rechercher un équilibre entre l'exploitation intensive et la sous-exploitation. De là, les nombreuses conventions passées entre nations, les unes s'appliquant à des zones géographiques précises, d'autres à la totalité des mers, mais concernant en général une espèce particulière, — baleine par exemple — (la liste des conventions les plus importantes est donnée en annexe).

Il n'existe à l'heure actuelle aucune réglementation internationale sur l'exploitation des ressources minérales et fossiles (thème n° 2) du fond des mers situées au delà du plateau continental. Jusqu'à présent le besoin ne s'en était pas fait sentir, l'exploitation de ces ressources n'étant envisagée que pour les matières premières comprises dans les limites du plateau continental, considéré comme du ressort des pays riverains. Comme il a été signalé plus haut, le manque de précision de la limite « vers la Haute Mer » du plateau continental pourrait conduire les Etats à envisager d'étendre indéfiniment leur prise de possession. Il serait souhaitable de donner aux exploitations futures des bases juridiques universellement reconnues pour permettre à des compagnies nationales ou privées d'élaborer des projets.

Enfin, au sein des Nations Unies, l'O.M.C.I. est dépositaire de la convention internationale pour la prévention de la pollution des mers par les hydrocarbures. Les recherches, le rassemblement, l'analyse, la publication des données entrent dans ses attributions. En inscrivant au nombre de ses préoccupations essentielles la lutte contre les pollutions (thème n° 4), le C.N.E.X.O. souligne l'importance qu'il attache à cette question et son désir d'apporter un concours important à l'O.M.C.I. Il souhaite d'ailleurs que les questions relatives aux pollutions en général soient étudiées par un même organisme international et voudrait que l'on tienne compte de l'expérience déjà acquise par l'O.M.C.I. avant que ne soit envisagée la création d'une institution spécialisée appelée inévitablement à faire double emploi.

4.3. APPROCHE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

Les pages qui précèdent ont mis en lumière l'importance de l'œuvre à accomplir pour faire progresser la connaissance et préparer l'exploitation des ressources océaniques.

Il convient, à ce point de l'analyse, d'indiquer la nécessité d'une approche économique du problème. Deux questions viennent en effet immédiatement à l'esprit. Que coûtera la réalisation d'un tel programme ? Un tel investissement est-il rentable ?

Pour y répondre, il faudra en particulier :

- évaluer le montant global des crédits à investir ;
- établir un planning des opérations ;
- choisir des modes de financement.

Il est difficile de procéder à des évaluations très précises, au stade actuel, même sur une courte période. Une politique d'investissement nécessite des ajustements continus, tenant compte de l'évolution de la conjoncture économique générale, du développement technologique et des premiers résultats acquis. Elle implique surtout que les analyses portent sur des opérations limitées dont il est possible de cerner tous les paramètres, ou tout au moins de réduire considérablement l'inévitable part de hasard.

L'une des tâches du C.N.E.X.O. sera donc maintenant de reprendre chaque opération sous l'aspect économique pour en évaluer le « coût-efficacité ».

4.3.1. ANALYSE DES PROFITS ET DES COÛTS

D'une manière générale, il est très difficile d'analyser la rentabilité économique de la recherche scientifique ou technique. Cela tient essentiellement aux aléas inhérents à

CONCLUSION

Le programme d'orientation « OCEAN » qui vient d'être présenté ne pourra donner lieu à de véritables conclusions qu'au fur et à mesure de sa réalisation, et des succès ou des difficultés que celle-ci rencontrera.

Du moins ce travail de clarification et de synthèse suggère-t-il à ceux qui en ont rassemblé les données, présenté la définition et la motivation des choix, étudié les implications, les réflexions suivantes.

Il a d'abord été pris conscience du fait que, si l'univers océanique touche à peu près toutes les sciences, toutes les techniques, et influence toutes les activités humaines, le C.N.E.X.O., pour être efficace, se devait de ne pas se disperser et donc de proposer un programme sélectif portant sur des choix clairs. Les orientations recommandées ne sont :

- ni rigoureusement impératives, car il convient de pouvoir donner les inflexions nécessaires en cours de route,
- ni exhaustives, car dans un domaine encore aussi mal connu et aussi évolutif, il faut laisser place à des opérations nouvelles,

mais les grands objectifs sont simples : protéines, aquiculture, pénétration de l'homme sous la mer, lutte contre les pollutions, etc...

Ensuite, il est apparu qu'il serait illusoire de laisser prévoir, dès la mise en route d'un tel programme, des résultats immédiats et spectaculaires. Si des opérations bien circonscrites sont proposées, c'est afin de hâter précisément — dans toute la mesure du possible — l'acquisition de ces résultats ; mais il convient de bien noter que ce qui a été appelé « actions de support » conditionne largement la réalisation du programme dans son ensemble : il s'agit essentiellement de la mise en fonctionnement du Centre océanologique de Bretagne (y compris le Centre national de données océanographiques) et de la formation des océanologues. Il y a donc en quelque sorte de grands « préalables » par lesquels passe le développement souhaité.

Enfin, on n'a pu manquer de prendre conscience de l'ampleur de la compétition qui se prépare à l'échelle mondiale, compétition qui va confronter notre pays à des problèmes dont on évalue encore mal toute la portée. Deux très puissants Etats commencent à se doter de grands moyens, rapidement croissants, pour préparer une « aventure océanique » dont les développements économiques pèseront plus lourd encore que ceux d'autres activités de pointe. Or, on le sait, un essor pris à temps coûte toujours moins cher, et à l'Etat et à l'Industrie, qu'une tardive tentative de rattrapage.

Tel quel, avec toutes les imperfections dont les auteurs de ce texte sont bien conscients, le Programme d'orientation « OCEAN » devrait amorcer de façon significative et réaliste, une nouvelle étape.