

Sommaire

Préface

M. Claude ALLEGRE Ministre de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie	1
---	---

Introduction	Jean-Claude LEHMANN, Vice-Président	3
--------------	-------------------------------------	---

PREMIERE PARTIE Axes de travail

Ch. 1	La recherche face aux attentes qu'elle suscite	9
Ch. 2	Evaluation et gestion des ressources humaines	27
Ch. 3	Se préparer à de nouveaux équilibres	45

DEUXIEME PARTIE Notes de réflexion du Conseil

Ch. 4	Les Notes	
1.	La recherche technologique de base	51
2.	L'intéressement des chercheurs à la valorisation	53
3.	Applications civiles des progrès scientifiques attendus à partir des lasers de grande énergie (projet Mégajoule) et de très haute puissance (lasers comprimés)	55
4.	Incitations aux PME-PMI en matière d'innovation	58
5.	Evolution des équipements de laboratoires de recherche en Sciences de la vie	60
6.	Soutien global à la création de produits innovants	62
7.	Ethique et déontologie personnelle du scientifique	65

TROISIEME PARTIE Avis et positions du Conseil

Ch. 5	Les Avis	
*	Avis sur le projet de budget civil de la recherche et du développement technologique (BCRD) pour 1998	71
*	Avis sur le Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) <i>Méthodologie pour l'instruction des dossiers 'TGE' par le CSRT</i>	77 81
*	Avis sur la Flotte océanographique française	83
*	Avis sur les Très grands équipements de l'Astronomie	101
*	Avis sur le projet de décret relatif au Centre d'études de l'emploi (CEE)	117
Ch. 6	Positions	
*	Position du CSRT relative au projet de synchrotron « SOLEIL »	123

Annexes

Termes de référence du CSRT	136
Arrêté de nomination	138
Composition du CSRT	139
Abréviations et sigles	141

Préface

Le rapport du Conseil Supérieur de la Recherche et de la Technologie pour 1997 présente l'état de ses travaux et de ses réflexions sur des dossiers engagés avant l'arrivée aux responsabilités du Gouvernement.

En tant que tel, il sera un élément utile à la réflexion en cours qui vise à donner un nouvel élan à la politique de ce gouvernement en matière de Recherche et de Technologie.

Le débat qui a accompagné la formulation de l'avis du CSRT sur le projet de budget civil de recherche et de développement pour 1998, désormais voté par le Parlement, a été l'occasion d'examiner les principaux axes de l'action en profondeur que je commence à engager.

Priorité est donnée à la reprise de l'emploi chez nos jeunes docteurs. Près de 5000 devraient trouver dans les diverses branches de l'enseignement supérieur et dans les organismes de recherche un emploi où ils pourront faire bénéficier le pays de leurs talents et de leurs capacités d'innovation.

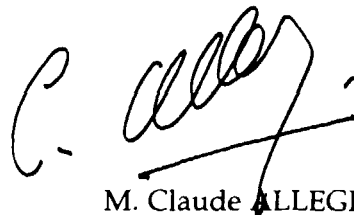
La recherche s'effectue dans les laboratoires, la plupart des grandes idées novatrices ne se programment pas. La seconde priorité est donc le rehaussement significatif du soutien de base des laboratoires. Programmes et grands équipements sont certes indispensables, mais ils doivent rester dans une enveloppe raisonnable et être mieux coordonnés. Les très grands équipements doivent être maîtrisés, dont les moyens alloués ne sont concevables qu'à l'échelle de l'Europe.

Notre pays est désormais producteur d'une excellente recherche technologique et appliquée. Mais le passage à la valorisation, au marché se heurte encore à de grands barrages culturels. Une réorientation des soutiens publics vers les petites et moyennes entreprises, une mise en réseau des compétences, des laboratoires, un programme de post-doctorants dans l'industrie sont parmi les premières décisions pour y remédier.

Un recentrage de l'action des EPST et des EPIC sur leurs missions fondamentales, un encouragement à une interaction forte entre établissements d'enseignement supérieur, organismes de recherche et entreprises, une meilleure formation à l'innovation de nos ingénieurs, voilà quelques points sur lesquels j'engage mon action.

Les nouvelles directions d'administration centrale qui me permettront de la conduire se mettent en place. Moins nombreuses, avec des missions mieux définies, elles correspondent aux contours nouveaux du Ministère, notamment à son rôle renforcé de pilote de la politique technologique du gouvernement.

L'année qui vient permettra à cette nouvelle administration d'interagir avec le CSRT, dans l'exercice de leurs missions respectives.



M. Claude ALLEGRE
Ministre de l'Éducation nationale,
de la Recherche et de la Technologie

Introduction

Jean-Claude Lehmann
Vice-Président du CSRT

Réuni depuis le printemps dernier, après un an et demi d'interruption de ses travaux, le Conseil Supérieur de la Recherche et de la Technologie (CSRT) a organisé ses travaux selon trois approches différentes.

Tout d'abord un exercice obligé, celui de l'« avis du CSRT » sur un certain nombre de projets qui lui sont soumis par le Ministre chargé de la Recherche et de la Technologie. Le plus important de ces avis concerne évidemment le projet de budget de la Recherche lui-même.

Mais le CSRT considère que, réunissant des représentants de l'ensemble des composantes de la communauté scientifique nationale, il se devait de mener une réflexion, sur la durée de son mandat, sur quelques problèmes généraux concernant la recherche et la technologie française. Lors de sa première séance de travail, il a décidé de se pencher sur trois thèmes, qui feront donc l'objet de réflexions suivies, et dont les éléments apparaîtront dans ses rapports annuels successifs.

Le premier de ces thèmes, le plus vaste, concerne une évaluation de la *façon dont la Recherche française, tant publique que privée, répond ou ne répond pas aux attentes que l'on peut en espérer*. Il s'agit là, d'en cerner aussi bien les points forts (ceux qui nous font penser que la Recherche française est et reste l'une des toutes premières du monde) que les faiblesses, notamment dans un contexte social et économique de plus en plus exigeant. Lorsque cela se justifie, des compari-

sons seront faites avec les systèmes de recherche d'autres pays industrialisés, confrontés aux mêmes problèmes. Cette réflexion se veut constructive, et devrait indiquer aux responsables concernés les orientations qu'il nous semblerait utiles de suivre pour rendre plus satisfaisant encore notre effort national de recherche.

Le second de nos thèmes de réflexion s'adresse plus particulièrement à la recherche publique. Il est issu du constat que la plus grande richesse de cette recherche publique réside très certainement dans ses personnels. Or, ceux-ci, s'ils font l'objet de procédures d'évaluation relativement sophistiquées, ne font le plus souvent pas l'objet, comme c'est le cas dans les entreprises, d'une « gestion des ressources humaines » permettant tout à la fois d'offrir à chacun la possibilité permanente d'évoluer au cours de sa carrière vers des fonctions et des activités qui correspondent au mieux à ses ambitions et à ses compétences, mais aussi à l'ensemble du système d'utiliser de façon aussi efficace que possible cette ressource essentielle pour la recherche qu'est son potentiel humain. Il nous semble que l'évaluation, telle qu'elle se pratique aujourd'hui, devrait être l'un des éléments d'une véritable *politique de gestion des ressources humaines* de la Recherche. Ce serait un facteur important d'amélioration de l'efficacité globale de notre système de recherche mais aussi de sa capacité à évoluer et à s'adapter, ainsi qu'à offrir à chacun les perspectives de son épanouissement personnel.

Enfin il nous a semblé utile de souligner par une réflexion particulière du CSRT, l'importance de se préparer à *exploiter au mieux le créneau d'opportunité* qui s'ouvre aujourd'hui, pour modifier les grands équilibres de la recherche publique. En effet, le nombre important de *départs à la retraite* qui vont se produire dans certains organismes de recherche dans les 10 années à venir, va créer les conditions uniques d'une modification significative des grands équilibres de la recherche. Que ce soit en termes de poids des différents moyens financiers (rémunération des personnels, fonctionnement de base des laboratoires, très grands équipements...) ou en termes de disciplines scientifiques, de répartition géographique, de nature de l'effort de recherche..., seule une réflexion préalable conduisant à une vision à moyen terme des objectifs poursuivis, peut permettre d'éclairer cette fenêtre d'opportunité exceptionnelle d'une façon positive et ambitieuse. Cela devrait permettre de replacer le système de recherche français dans une configuration nouvelle, correspondant mieux à l'ambition que le pays doit avoir pour sa recherche.

Ce premier rapport annuel du Conseil mis en place en 1997, va donc amorcer la réflexion sur ces trois thèmes. Celle-ci se poursuivra tout au long de son mandat.

Cependant, dès le début de nos débats, il est apparu que bien souvent une idée ou une suggestion pouvait émerger qui, d'une part, ne se situait pas forcément dans le cadre de cette triple réflexion, d'autre part, méritait une expression immédiate, brève et qui puisse être transmise rapidement au Ministre chargé de la Recherche et de la Technologie. De cette observation est issu le troisième mode de travail du CSRT: celui des

« Notes du CSRT ». Il s'agit de notes brèves, d'une page ou deux, sur tout sujet sur lequel un membre souhaite que le CSRT puisse s'exprimer. Après une concertation rapide entre les Conseillers et la prise en compte des amendements éventuels, ces notes sont transmises au Ministre. Le présent rapport contient le recueil des premières notes transmises par le CSRT en 1997.

« Avis », « réflexions », « notes », la vie du CSRT est ainsi bien remplie et, au rythme de réunions toujours animées et riches d'expériences comparées et de discussions, il nous semble que le CSRT, par sa composition même et ses modes de travail et de concertation peut apporter au Gouvernement et au Pays une réflexion et des propositions sur son système de recherche qui, sans prétendre à une totale originalité, représentent des points de vue largement partagés par des personnalités diverses ayant en commun une expérience personnelle approfondie de la recherche scientifique.

Bien que marquée de particularités nationales fortes, notamment en termes d'organisation et de structure, la recherche française ne saurait être considérée en dehors d'un contexte européen et mondial. Au-delà même des éléments d'analyse comparatifs dont nous nourrissons notre réflexion, une réunion annuelle rassemble les présidents ou vice-présidents des Conseils analogues au CSRT de tous les Etats membres de l'Union européenne. Il est intéressant de noter qu'après avoir examiné un grand nombre de propositions, le thème que les quinze pays participants ont décidé d'aborder lors de leur réunion de 1998 est celui de la relation entre la recherche

publique et le monde économique¹, preuve s'il en était besoin que ce thème largement débattu reste au coeur des préoccupations de pays qui, tout en dépensant beaucoup pour leur recherche publique, n'ont pas encore trouvé les recettes miracles qui leur permettraient de mieux maîtriser, grâce en particulier à l'innovation et à la technologie, une évolution économique et sociale qui pose en permanence des problèmes nouveaux.

Nul doute que cette réflexion, qui place la science au coeur même de l'évolution de notre société, lui conférant une importance qui ne saurait se démentir, reste l'un des fils conducteurs des réflexions poursuivies par le CSRT.

¹ «*Interfacing public research and industry*»,
Vienne, 1998

PREMIERE PARTIE

Axes de travail

Chapitre 1

La recherche face aux attentes qu'elle suscite

Rapporteurs: Bernard DAUGERAS, Jean-Jacques DUBY,
Laurence PAYE-JEANNENEY

Introduction

La science a été pendant plusieurs siècles le fait d'un petit nombre d'acteurs créatifs mais isolés et indépendants et surtout auto-financés pour une large part. Même si leurs relations avec les autorités politiques et religieuses furent parfois tumultueuses, ils contribuèrent nettement au progrès général des connaissances et même à de véritables révolutions dans la conception qu'un public éclairé pouvait alors se faire du monde. Les technologies nouvelles, issues de ces progrès conceptuels, apparaissaient largement positives mais engendraient parfois des **bouleversements de l'organisation sociale, conséquence de l'évolution des systèmes techniques.**

La maîtrise de l'énergie mécanique de l'eau puis la machine à vapeur en sont des exemples bien connus.

La situation a changé radicalement au 20^e siècle, surtout après la seconde guerre mondiale qui a vu, dans les pays développés, se constituer puis se structurer un système de recherche complexe, institutionnalisé, coûteux, financé principalement par les Etats et par les entreprises industrielles. Cette évolution est consécutive à la **prise de conscience de l'importance croissante et même déterminante de l'impact de la**

science et de la technologie sur l'évolution des sociétés, tant au plan militaire qu'économique et social.

Les relations entre le système scientifique et la société ont donc considérablement évolué. La demande sociale est la contrepartie légitime aux dépenses considérables que la collectivité consacre à la recherche et au développement. **Cette notion de demande sociale est complexe** ; les demandeurs (les curieux, les citoyens, les entreprises, les consommateurs, les décideurs...) sont, par nature, multiformes et leurs attentes très variées, voire même contradictoires.

*
* *

A notre connaissance, **il n'y a pas d'études complètes récentes sur l'analyse des attentes de la société** mais, de notre expérience, il ressort qu'il est possible de les classer en quatre grandes catégories :

1°) **la création de connaissances** qui constitue la fonction traditionnelle du système de recherche et où la France a une position satisfaisante ;

2°) **la création de richesses** qui est l'attente la plus classique de la collectivité; qu'il s'agisse de la création de nouveaux produits, de nouveaux services, de l'améliora-

tion et la préservation de la santé humaine qui soulèvent de grands espoirs et qui deviennent des exigences prioritaires;

3°) *l'expertise scientifique* notamment sur les risques qui pourraient être induits par l'évolution technologique; elle est le contrepoint des attentes précédentes et souligne l'exigence d'un développement responsable;

4°) enfin, *la formation par la science*, perçue comme un mode de pensée original et qui pourrait sans aucun doute être mieux utilisé.

Ces **quatre grandes fonctions** que nous allons analyser plus en détail ne sont, bien sûr, pas indépendantes et soulèvent des contradictions possibles, importantes, qui préoccupent fortement les opinions et doivent interpeller les membres de la communauté scientifique comme ceux du gouvernement.

En voici deux exemples :

- 1° Y a-t-il une véritable compatibilité entre le progrès économique, la protection de la santé et la préservation des ressources naturelles et de notre environnement ?
- 2° Le progrès technologique, source d'évidents progrès, n'est-il pas destructeur d'emplois ?

D'une réponse satisfaisante et crédible à de telles questions, fondamentales, dépendra largement le soutien que les citoyens et leurs représentants accorderont à notre système de recherche et de technologie.

I. La création de connaissances

La recherche française jouit d'une bonne réputation, qui est justifiée. Malgré leurs imperfections, les principaux indicateurs confirment cette position enviable. Mais convenons pour le moins que **le conflit récurrent entre une recherche indépendante, libre de ses propres choix et une recherche pilotée par d'hypothétiques applications futures n'est plus d'actualité**. Seule une recherche d'excellente qualité peut donner lieu à des applications intéressantes; les véritables ruptures conceptuelles ou technologiques ne sont pas programmables.

En contrepartie, la société qui consacre des moyens importants au financement de la recherche a une triple exigence de *qualité*, d'*optimisation des ressources* et d'*accès aux résultats* sous une forme adaptée à un large public.

Il y a lieu d'explorer plus spécifiquement les liens qui existent, qui peuvent exister, qui devraient exister entre culture et société. Les savoirs et les savoir faire en font sûrement partie, et partant les savoirs scientifiques et technologiques. Si certains sont simples et à la portée de tous, d'autres par contre se placent, par niveaux conceptuels successifs, sur des plans si éloignés de l'entendement quotidien que même le pédagogue le plus averti ne pourra les rendre compréhensibles. Cela n'enlève rien aux devoirs du scientifique, du technologue, de partager ses savoirs ou ses secrets. Le « comment ça marche ? » appelle réponse, fût-elle réductrice, à commencer par des hypothèses, avec tous les risques d'erreurs que cela comporte.

Les deux premières exigences, de qualité et d'optimisation, sont de la responsabilité

des autorités de tutelle de la recherche et de la communauté scientifique et ont des implications considérables de nature politique sur l'organisation de la recherche dans son ensemble, qu'il s'agisse du mode de sélection et de recrutement des personnels de recherche, des critères d'évaluation, des arbitrages entre disciplines, des choix des programmes, de leurs mécanismes de financement, etc.

Il est impossible de porter un jugement pertinent sur un système aussi complexe mais **le Conseil supérieur recommande que les évolutions qui seront décidées et mises en place en favorisent la souplesse et facilitent son contact avec le monde extérieur** par la **mobilité** de personnels indispensable à tout **transfert de savoir**, (cf. chapitre 2, ci-après, qui analyse en détail les formes possibles de la mobilité), par le **choix des thèmes** et leur **adaptation intelligente** aux nouveaux besoins.

Dans cette optique, quatre séries de remarques et suggestions pratiques peuvent être faites :

1° La place de la technologie et des sciences de l'ingénierie est insuffisante dans le dispositif français de recherche. Nous n'avons pas l'équivalent des grandes universités de technologie étrangères. Les écoles d'ingénieurs en France, malgré des efforts notables ne comblent pas cette carence; elles sont souvent isolées et n'ont pas la taille critique. Quelques grands organismes compensent, très partiellement, ce manque, en matière de technologie, mais ils n'ont pas de liens significatifs avec la formation supérieure dans ce domaine. Cette insuffisance est un obstacle aux

relations avec les entreprises. **Une véritable politique de développement de la technologie paraît nécessaire ;**

2° les sciences sociales et humaines devraient être développées, en particulier pour comprendre et analyser les bouleversements en cours, ne serait-ce qu'en les mettant au contact des sciences, en particulier des sciences de l'ingénieur et notamment pour :

- * **permettre aux entreprises de s'adapter à la mondialisation des échanges**, aux nouveaux marchés à conquérir, à l'évolution des rapports sociaux dans les entreprises et des modes d'organisation ;
- * **accompagner les changements de comportement induits** par les nouvelles techniques de communication (Internet...) ;
- * **favoriser l'innovation** dans le secteur tertiaire, le plus créateur d'emplois.

3° Il faut à tout prix éviter les dispersions thématiques et géographiques sources de gaspillage. La France ne peut pas tout faire seule, ce qui implique une grande sélectivité et une politique active de coopération internationale; il convient aussi d'éviter le saupoudrage qui conduit les régions à multiplier les actions sur les mêmes domaines de recherche à la mode, toutes sous-critiques.

4° Enfin, l'exigence de communication des résultats de la recherche est primordiale. Il est impératif de faire comprendre la recherche et ses percées conceptuelles, de valoriser et de faire accepter

les innovations et les risques qu'elles peuvent induire. Malgré des progrès notables, il reste de gros efforts à faire en direction du grand public et des politiques. La science est encore perçue comme élitiste, inaccessible au plus grand nombre et génératrice de dangers nouveaux. La communauté scientifique doit être fortement encouragée à participer à cet effort car le risque est grand de voir apparaître un divorce entre la société et ses scientifiques.

II. La création de richesses

La science et la technologie ont toujours joué un rôle clé dans le développement économique ; **la plupart des nouveaux produits, des nouveaux services, des nouveaux moyens de communication, de transport, ont des contenus technologiques de plus en plus élevés**; témoignent, entre autres, les nouveaux médicaments, les nouveaux vaccins, qui sont l'application de résultats de la recherche biologique fondamentale la plus récente.

On assiste à une accélération scientifique et technique qui entraîne des bouleversements considérables de notre mode de vie. Cette évolution s'effectue dans un contexte nouveau, de concurrence mondiale forte. L'enjeu est donc particulièrement important et il est naturel que l'optimisation des relations entre la recherche et le monde économique soit l'attente la plus forte.

Il est notoire que, malgré des évolutions positives, ces relations sont largement per-

fectibles en particulier si l'on compare avec les principaux pays étrangers.

La France a brillamment réussi sa reconstruction et son développement d'après-guerre, grâce à une bonne maîtrise des grands projets technologiques : infrastructures, transport, nucléaire, aéronautique, spatial, téléphone et même plus récemment la rationalisation des industries manufacturières. Pour la plupart de ces grands programmes, l'Etat y a joué un rôle déterminant. Il s'est appuyé sur les ingénieurs des grands corps techniques qui ont parfaitement relevé le défi.

Les défis modernes sont, cependant, d'une autre nature: la création de valeur ajoutée s'est déplacée vers des produits plus diversifiés, à évolution rapide comme la micro électronique, l'informatique, les multimédia, les nouveaux médicaments issus des biotechnologies et surtout les services aux entreprises et aux particuliers, le tout dans un monde ouvert.

L'adaptation à ces évolutions est donc une nécessité vitale. A la fois la formation des élites et le système de recherche vont devoir évoluer rapidement et en profondeur pour en tirer profit dans un monde où l'innovation et la réactivité sont devenues des valeurs sûres et incontournables.

D'une part, ***il faut accompagner l'évolution des besoins des entreprises et, d'autre part, il est impératif d'accélérer fortement la rénovation du tissu industriel par la création d'entreprises nouvelles*** (cf. plus loin).

II.1. L'évolution de la demande industrielle

Pour la communauté scientifique de ces dernières décennies, demande sociale est d'abord synonyme de demande industrielle : selon le « modèle linéaire », les résultats issus de la recherche sont les matières premières de l'innovation industrielle. Et même si ce modèle linéaire est aujourd'hui remis en cause comme trop simpliste, la demande industrielle reste aussi forte vis-à-vis de la recherche, d'autant qu'en raison de l'accélération des avancées technologiques, les industries sont de plus en plus nombreuses à se trouver confrontées à des problèmes dont la solution requiert une compréhension des mécanismes fondamentaux de la matière et de la vie : la miniaturisation extrême atteinte par les circuits micro-électroniques, les matériaux magnétiques, les vecteurs galéniques, soulève des questions encore sans réponse sur le comportement mésoscopique de la matière ; de même, les industries pharmaceutiques ont maintenant besoin de connaître le fonctionnement des molécules médicinales au niveau cellulaire ou les mécanismes d'expression des gènes. Cette tendance va se renforcer au cours du siècle à venir, la demande industrielle interpellant les scientifiques les plus fondamentaux, qui n'avaient jusque-là d'autre objectif que d'abonder le savoir humain ; elle aura également de plus en plus recours à la pluridisciplinarité, l'industrie faisant appel à d'autres disciplines pour contourner les obstacles qui apparaissent au fur et à mesure qu'on se rapproche des limites physiques et des frontières de nos connaissances : les sciences de la vie sont ainsi appelées au secours d'une informatique confrontée aux limites de la miniaturisation électronique et du schéma logique de la machine de Turing.

Mais, le changement principal de la demande industrielle vient de ce que l'industrie est maintenant confrontée au « comment » plus qu'au « quoi ». Et si ce sont les disciplines « dures » qui résolvent le « quoi », ce sont les sciences humaines et sociales qui étudient le « comment ». La gestion de la complexité inhérente à tout grand projet ou réalisation industrielle est révélatrice à cet égard : le développement d'une nouvelle voiture rassemble des milliers de personnes d'une entreprise sur plusieurs années, et alors même que les constructeurs utilisent tous les mêmes outils techniques (stations de travail, logiciels de CAO et de simulation...), ce sont ceux qui maîtrisent le mieux la sociologie de l'organisation du travail qui ont les cycles de développement les plus courts.

Il en est de même pour la **gestion du risque** : les disciplines dures sont allées aussi loin qu'elles le pouvaient en matière de réduction du risque technologique en mettant au point des méthodes d'analyse de défaillance, de tests non destructifs, de simulation... ; pour se rapprocher encore plus du risque zéro, les cindyniciens doivent aujourd'hui prendre en compte des questions d'ordre humain et social, tels que l'ergonomie des équipements ou le système de valeurs au sein de la culture d'entreprise. Autre impératif industriel, la maîtrise des coûts passe par l'utilisation de techniques et de méthodes améliorant la productivité et la qualité (robotique, flux tendus, contrôle statistique de processus...) et surtout par la capacité des personnels à assimiler ces techniques et à les intégrer dans leurs comportements, dont certains peuvent se révéler déviants - d'où l'importance d'une approche sociologique de concepts tels que

l'entreprise apprenante, la cognition sociale, la culture d'entreprise.

De plus en plus nombreux sont les problèmes rencontrés par les entreprises dont la solution fait appel aux disciplines humaines et sociales, au premier rang desquels le marketing: la montée en puissance des individualismes entraîne en effet une segmentation de plus en plus fine des marchés, à laquelle la mondialisation apporte un facteur de complexité supplémentaire, et qui exige des industriels qu'ils fassent de plus en plus appel à des psychologues, des sociologues, des ergonomistes.

II.2. Une nouvelle demande émanant des secteurs des services

Le secteur des services occupe une place grandissante dans l'économie nationale¹: sa contribution au PIB s'approche désormais des 70% dans les pays industrialisés, alors qu'elle n'était que de 60 % en 1980 et moins de 50 % en 1970. Le pourcentage des emplois tertiaires a augmenté en parallèle : de 57 % en 1980, il avoisine les 70 % de nos

jours. Or, le secteur tertiaire est historiquement beaucoup moins impliqué dans la recherche et le développement que l'industrie : selon les derniers chiffres publiés par l'OST, les dépenses en RDT représentent seulement 0,5 % de la valeur ajoutée des services contre 4,1 % pour l'industrie. Plusieurs raisons devraient se conjuguer pour réduire cette disparité et augmenter rapidement la demande de recherche émanant du tertiaire. La première est l'emploi : face à un taux de chômage élevé, les gouvernements vont être amenés à utiliser les ressources publiques de recherche pour développer ou au moins préserver l'emploi tertiaire, tout comme ils l'avaient fait pour l'industrie dans les années soixante-dix et quatre-vingt. Une autre raison, qui concerne surtout les services non marchands (en France) comme la santé ou l'éducation, est le fait que ces services répondent à une demande de plus en plus pressante de la société. Une troisième est que d'autres services, tels les transports et les communications, sont un enjeu géostratégique dans la compétition internationale. Les entreprises de services elles-mêmes, confrontées à la disparition des protections douanières consécutive à la mise en place de la LPS (Libre Prestation de Service) dans l'Union européenne et à l'entrée en vigueur des derniers accords sur le commerce mondial, vont devoir répondre à cette nouvelle pression concurrentielle en utilisant les mêmes leviers que les entreprises manufacturières, à savoir la productivité et l'innovation.

En effet, comme pour l'industrie, l'innovation est déjà et sera de plus en plus un outil majeur de compétitivité pour les services. Par le passé, l'innovation dans le secteur tertiaire a souvent procédé d'innovations de processus, conçues à l'origine dans le seul but d'améliorer la productivité,

¹ Certains chiffreages avancés ci et là font rêver (ou peur), exemple : en 1997, le montant des transactions électroniques dans le monde s'est élevée à 10 mld de dollars et 220 mld sont prévus pour 2002. L'Europe de l'Ouest a réalisé cette année un montant de 96 M\$ et atteindra 3,2 mld en 2001, dont seulement 416 M\$ seront à mettre à l'actif de la France (cf. Allemagne 1,4 mld, R-U 712 M\$). D'ores et déjà des sites américains génèrent des chiffres d'affaires colossaux, à l'instar de Dell Computer qui réalise 1 M\$/jour en vendant ses PC sur le Web. La librairie Amazon, virtuelle, référence 2,5 millions d'ouvrages et, créée en 1995 prétend doubler son CA tous les trois mois. Elle est déjà cotée au Nasdaq de New York. S'agissant du Minitel, né en 1970, il génère 150 MF/an de transactions avec ses 17 M d'utilisateurs et 25 000 fournisseurs de services commerciaux, succès inégalé. L'avenir est au « push », où la boîte aux lettres électronique [n'étant limitée que par la capacité des mémoires qui l'hébergent] va faire l'objet de ciblage 'sur mesure' dès que le prospect aura décliné ses centres d'intérêt, aussi pointus soient-ils.. Source 'FRANCE TGV' N°1, février 1998
"La ruée vers l'ORDinateur », signé J.-M. Requin.

mais qui ont permis ensuite de développer de nouveaux services : l'informatisation des banques était initialement destinée à améliorer la productivité, mais c'est grâce à elle qu'on a pu développer le paiement électronique ou la « télébanque ». Ce « cycle inversé du produit », mis en évidence par Barras², constitue un mécanisme puissant d'innovation pour les services. Par conséquent, la demande du secteur des services pour de nouvelles technologies ne pourra que croître à l'avenir, non seulement en tant qu'outil de productivité mais aussi comme prérequis à l'innovation même: l'électronique et la robotique combinées vont fournir aux médecins des diagnostics plus rapides et moins chers et vont permettre l'ouverture de nouveaux services de santé tels que la télé médecine et l'hospitalisation à domicile. Pour innover dans des services nouveaux, la recherche devient nécessaire afin d'améliorer les technologies existantes et de les adapter aux exigences de ces services : les techniques de communication satellitaires devaient être améliorées pour permettre une réception de la télévision en direct au moyen d'antennes bon marché et de petite taille. Même si le processus d'innovation dans les services³ semble être beaucoup plus complexe que le simple modèle linéaire utilisé pour analyser l'innovation industrielle, il comporte de plus en plus fréquemment une phase de recherche, qui est en train de donner naissance à une véritable recherche « servicielle », pendant de la recherche industrielle, dont les mathématiques financières, initiées et développées exclusivement à des fins de services financiers, ou la cindynique, suscitée par les

besoins des assureurs, sont parmi les précurseurs.

II.3. De nouvelles valeurs sociales imposant des contraintes, potentiellement dangereuses, pour la recherche

« Les arbres ne montent pas jusqu'au ciel », dit la sagesse populaire, et ce tableau idyllique - pour les scientifiques - d'une demande sociale de recherche toujours croissante, doit être sérieusement nuancé. Car force est de reconnaître que la confiance - pour ne pas dire la foi - que la société de la fin du XIX^{ème} siècle avait dans le progrès scientifique n'a pas survécu à la bombe atomique, à la pollution et au chômage, pour lesquels les responsables tout désignés sont la science et la technologie.

La société d'aujourd'hui, ayant depuis longtemps satisfait ses besoins élémentaires de survie, ayant atteint - grâce d'ailleurs au progrès scientifique et technique - des niveaux de vie, d'éducation, de santé, inégaux, a développé, en même temps que de nouvelles aspirations plus hédonistes où priment l'individu, le loisir et le plaisir, une aversion très grande pour le risque : des risques considérés depuis des siècles comme des fatalités et des actes de Dieu - la maladie, les mauvaises récoltes, les inondations... - sont aujourd'hui ressentis comme inacceptables.

Cette aversion au risque est sans doute une raison majeure pour le manque de confiance de la société dans les progrès issus de la technologie et de la recherche scientifique qui la sous-tend, comme le montre la controverse récente sur les OGM. Cette attitude sociale inhibe gravement l'innovation tech-

² BARRAS R., Interactive innovation in financial services : the vanguard of service revolution, *Research Policy*, 19, 1990.

³ GALLOUJ C. et F., Economie de l'innovation dans les services, L'Harmattan, Paris 1994.

nologique, puisque du coup les industriels hésitent à mettre sur le marché des produits par trop innovants, ce qui ne pourra que diminuer la demande industrielle de recherche. Ce phénomène est amplifié par l'intervention des pouvoirs publics qui, en réponse à la demande sociale de « risque zéro », sont amenés dans la plupart des pays industrialisés à édicter des réglementations qui conduisent *de facto* à interdire l'innovation technologique - témoin, la directive européenne qui, en soumettant toute nouvelle molécule créée par l'industrie à une étude toxicologique complète ainsi que ses métabolites, même s'il ne s'agit pas d'un médicament, même si elle est plus efficace ou moins dangereuse que celle qu'elle est censée remplacer, a porté un coup sérieux à la recherche et au développement dans le secteur de la chimie de synthèse.

L'Etat lui-même n'est pas exempté. La jurisprudence administrative tend à réduire l'« immunité » étatique conféré par l'article 1382 du Code civil « *tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage oblige celui par qui la faute duquel il est arrivé à le réparer* » qui vise des personnes et non l'Etat. La puissance publique est, par essence, irresponsable car, comme dit l'adage « *l'Etat comme le roi, ne peut mal faire*⁴. Si l'administré gagne en reconnaissance de ses droits, l'Etat de droit voit reconnue la responsabilité de l'Etat pour des mesures d'ordre intérieur, susceptible de recours pour excès de pouvoir. La responsabilité publique précède ici la légalité. Des conséquences notables, en termes de poursuites éventuelles du scientifique, en découlent. Quelques cas notoires de jurisprudence se-

ront évoqués plus loin, s'agissant de drames vécus par des personnes infectées par transfusion de sang contaminé au VIH, pour ce qui touche au risque et à l'engagement de responsabilités.

De même, la non exonération par la législation française du risque de développement pour les industriels est un frein sérieux à l'innovation nationale dans tous les secteurs. La multiplication de telles réglementations limitant le progrès scientifique, doit d'ailleurs beaucoup à l'application du « *principe de précaution* », sur lequel on reviendra par la suite.

Mais l'évolution qui pourrait s'avérer la plus lourde de conséquences de la législation dans nos sociétés modernes est la tendance émergente à réglementer directement, quand ce n'est pas à interdire purement et simplement, les travaux de recherche dans tel ou tel domaine. Cette évolution est souvent motivée par des considérations éthiques, comme le montrent certains textes récents réglementant les expériences sur l'homme ou sur les animaux ou concernant les manipulations génétiques. Certes, les scientifiques ne sont pas au-dessus de la loi, et la recherche, comme toute activité humaine, n'est pas exempte d'obligations légales, morales et sociales. Mais ce qui est en jeu quand on réglemente ainsi la recherche scientifique, c'est une limitation volontaire à l'accroissement des connaissances. Or, depuis la nuit des temps, l'homme a oeuvré pour faire reculer les frontières de l'inconnu. Quelle responsabilité prendrait notre société contemporaine, dont la demande avait jusque là tant stimulé la recherche, si elle lui donnait un coup d'arrêt !

⁴ Ces quelques lignes reprennent des réflexions en jurisprudence de Françoise Roques, AJDA du 20/02/1991

L'Histoire a toujours condamné toutes les tentatives dans ce sens, quels qu'en fussent les auteurs - de l'inquisition bâillonnant Galilée à l'ex-régime soviétique imposant les erreurs de Lyssenko. Certes, les scientifiques d'aujourd'hui ont plus de connaissances, et donc plus de pouvoirs qu'ils n'en ont jamais eus sur la matière et sur la vie. Et c'est en raison de ces nouveaux pouvoirs des scientifiques que la société exige d'intervenir dans leurs décisions et demande que leurs recherches soient réglementées. C'est là la plus récente, mais aussi la plus urgente des demandes que la société fait à la recherche : de rendre des comptes. Y répondre pourrait être le défi le plus difficile que la recherche ait jamais dû relever.

II.4. La création d'entreprises nouvelles

Le progrès technologique est perçu quotidiennement comme responsable de la destruction massive d'emplois. Cette coïncidence réelle n'implique pourtant pas forcément une relation de cause à effet, au contraire, la technologie a créé et crée encore de nombreux emplois nouveaux, selon le concept de déversement de la main d'oeuvre, d'une branche d'activité vers une autre, établi par Alfred Sauvy⁵. Le progrès scientifique et technique entretient une croissance par *un processus de destruction créatrice*, qui exige une très grande adaptabilité. Cette adaptabilité peut revêtir plusieurs formes, dont l'une, essentielle, est la création d'entreprises à partir de technologies innovantes, le plus souvent issues de la recherche. C'est ce processus foisonnant de création d'entreprises de technologie qui explique

pour une large part le succès spectaculaire de la lutte contre le chômage aux Etats-Unis. Contrairement à une idée reçue, la croissance américaine a créé des emplois hautement qualifiés, notamment dans le secteur des sciences de la vie et des technologies de l'information où la pénurie de main d'oeuvre est très forte. Dans ce domaine de la création d'entreprises, le retard de la France est accablant et les obstacles ne sont pas simplement culturels comme on se plaît à le dire trop souvent. Cela ne sert à rien, estime le Conseil, d'égrener en permanence un certain nombre de difficultés que l'on connaît et que l'on rabâche depuis vingt ans si on n'oriente pas l'action dans ce domaine vers une structuration globale (*cf. intra la Note de réflexion du Conseil intitulé « Soutien global à la création de produits innovants »*). Il faut que l'on crée l'environnement favorable à la création d'entreprises et il y a des décisions politiques à prendre (ou à ne pas prendre), selon l'adage *« avoir le bon marteau, au bon moment »*.

Ceci dit, **quatre constats** s'imposent, avec leur conséquences, à notre réflexion :

- 1° Tout d'abord, l'insuffisance des moyens financiers du capital risque est notoire, en l'absence de grands investisseurs du long terme - comme les fonds de pension qui fournissent l'essentiel de l'argent aux Etats-Unis - et les compagnies d'assurance qui se sont retirées de ce secteur d'investissement au début des années quatre-vingt-dix. Il en résulte un trop petit nombre d'équipes performantes et donc un manque de ressources humaines pour prospecter les projets dans les laboratoires, les structurer et les financer correctement. L'annonce par le gouvernement d'un fonds de fonds de

⁵ Arnaud PARIENTI et Pascal COMBEMALE, *« Technologie et chômage, un couple à histoires »*, *La Recherche*, 30 septembre 1997.

600 millions de francs est un facteur favorable qui devrait aider les fonds de capital risque à lever de l'argent supplémentaire, notamment à l'étranger. La législation des fonds commun de placement innovation (FCPI) qui avaient pour objectif d'attirer l'argent des particuliers aisés vers le capital risque s'est avérée inadaptée et un toilettage sérieux devrait être entrepris pour redonner à cet outil toute son efficacité. Les mesures d'exonération fiscale partielle annoncées par le gouvernement pour les contrats d'assurance vie investis à 50 % en actions devraient aussi avoir un effet positif, dans le moyen terme.

- 2° Le risque encouru par les créateurs d'entreprises est élevé. Le mécanisme de rémunération, sous forme de gains en capital en cas de succès, destiné à attirer les meilleurs cadres possibles dans ces sociétés en création doit être attractif et compétitif avec les mécanismes étrangers. La modification du système des « stock options » en 1997, qui requalifie en salaire avec charges sociales les plus values de cessions a eu un effet désastreux et a incité de très nombreux créateurs à s'expatrier. Les corrections dans ce domaine apportées récemment par le gouvernement vont dans le bon sens mais paraissent encore insuffisantes. On doit toutefois faire attention à l'équité vis-à-vis des valorisateurs potentiels puisqu'il s'agit d'argent public engagé. Le risque vient du fait que le chercheur, surtout s'il était en position de responsable dans l'organisme de recherche, peut faire travailler lui-même et son équipe au profit de sa société au détriment d'autres sociétés. Par contre, rien n'empêche d'inciter les chercheurs à

vendre leur capital et à se faire rémunérer comme conseil avec la règle suivante : si le conseil est individuel et concerne la valorisation de travaux passés, il peut faire l'objet d'une indemnité de conseil à l'individu ; si le conseil met en jeu une équipe et surtout s'il nécessite des études, alors il doit faire l'objet d'un contrat avec l'organisme.

- 3° L'incompatibilité administrative entre le statut de fonctionnaire du chercheur et sa participation au capital d'une société qui valorise les résultats de sa recherche est un très gros handicap. Contrairement à une idée reçue, il est rare que les chercheurs doivent quitter leur laboratoire pour participer efficacement à une création d'entreprise. Il convient, par contre, que le chercheur soit fortement impliqué dans le développement de la science sur laquelle est fondée la société créée, qu'il puisse y jouer un rôle actif, en parallèle avec son activité de chercheur public et soit donc rémunéré en conséquence par une participation significative au capital de la société. Les plus belles entreprises créées de cette façon à l'étranger ont permis à leurs fondateurs scientifiques de faire des plus values en capital très élevées, ce qui a eu un effet d'entraînement considérable et a servi de modèle à leurs confrères pour multiplier la création de sociétés. Tout se passe comme s'il était honteux en France qu'un scientifique gagne beaucoup d'argent en créant une activité pourtant utile à la collectivité. La remise en chantier du projet de loi permettant de clarifier la situation des chercheurs entrepreneurs est urgente.

4° D'une façon générale, notre système de recherche n'encourage pas les chercheurs entrepreneurs à se déclarer et à s'exprimer. Les critères du jugement ne sont pas adaptés à des projets personnels de ce type. Par exemple, la protection de la propriété intellectuelle - et qui est la base de toute création d'entreprises de technologies - n'est pas suffisamment développée dans la recherche publique. Une publication prématurée rend impossible toute implication industrielle d'un résultat intéressant. Le conseil et l'appui aux chercheurs entrepreneurs sont insuffisamment développés. L'expérience étrangère nous enseigne que pour être efficaces, les structures de « valorisation » doivent être implantées localement, très réactives et être animées par des spécialistes venant du secteur économique. La mise en place d'un tel réseau dans les universités et sur les sites des grands organismes de recherche aurait certainement un impact très fort et serait, ce qui plus est, d'un coût relatif faible.

Malgré tous ces blocages graves, la situation s'améliore en France et il existe de plus en plus d'entrepreneurs porteurs de projets attractifs qu'il convient de soutenir et d'encourager. Il suffirait de quelques mesures significatives pour débloquer la situation et inverser la tendance.

III. L'expertise scientifique

On l'a vu, le scientifique ne peut plus n'être qu'un savant, en quête du pur savoir, cherchant des réponses à ses seules interro-

gations sans tenir compte des interrogations ou des craintes de la société qui, de plus en plus, le tient pour responsable non seulement de l'utilisation des ressources qu'elle lui accorde, mais aussi des conséquences de ses découvertes. Aujourd'hui, de nouveaux acteurs de la société interrogent les scientifiques : les politiques pour éclairer leurs décisions, le public pour répondre à ses inquiétudes, les médias en quête de sensationnel. Cette évolution de la demande sociale, sensible dans de nombreux domaines comme l'environnement, la santé, l'énergie, les transports, est particulièrement illustrée dans le domaine agro-alimentaire, comme l'ont montré les affaires de l'ESB, des OGM ou des hormones pour l'alimentation animale. Les raisons de cette évolution sont diverses mais conjuguées : une industrialisation et une concentration de tous les processus de production, des technologies industrielles de plus en plus dépendantes de la recherche fondamentale, une politique de libre circulation des produits entraînant une mondialisation des échanges, une aversion croissante au risque des sociétés industrielles. Pris à contre-pied par cette demande sociale de risque zéro alors que la conjonction des évolutions technologiques, industrielles et politiques est facteur de nouveaux risques, les décideurs politiques se soucient de plus en plus de définir des normes et d'édicter des réglementations pour protéger leurs mandants. En raison de la nouveauté des technologies utilisées et de la complexité des questions posées, les politiques ont besoin des compétences des chercheurs pour y répondre. Ne ressentiraient-ils pas ce besoin que la pression de leur électorat les inciterait à faire appel le plus rapidement possible à l'expertise de scientifiques: nommer une commission, c'est déjà montrer que l'on agit. N'a-t-on pas reproché au gouvernement

anglais d'avoir attendu trois ans après l'apparition des premiers cas d'ESB en 1985 avant de constituer la Commission Southwood ? Le public, lui, ne tarde pas à interpeller directement les scientifiques, en suscitant l'entremise d'associations ou des médias, pour s'assurer que les politiques prennent les décisions qu'il faut quand il le faut. C'est ainsi que le rôle social du scientifique s'étend progressivement d'un pur travail de recherche à des fonctions d'expertise et d'information.

Répondre à la demande sociale d'expertise implique des changements profonds dans le métier du chercheur : dans la logique même de sa démarche, dans la manière dont il communique, dans sa responsabilité civile, voire pénale. Et, au final, cette demande d'expertise requiert une éthique encore plus exigeante.

Une différence fondamentale entre le chercheur et le politique est que le chercheur doit prendre une décision quand il *peut* la prendre, et le politique quand il *doit* la prendre. La seule obligation de temps du chercheur, c'est de publier avant un collègue concurrent, mais en aucun cas il ne doit publier avant d'être en mesure de parfaitement justifier son résultat. Le politique, lui, se doit de prendre une décision même s'il n'a pas toutes les informations et toutes les certitudes pour la prendre. Cet illogisme apparent de la décision politique est à l'origine du **principe de précaution**, énoncé d'une manière qui pourra paraître provocante aux scientifiques par les ministres de l'environnement de l'OCDE en janvier 1991: « *l'absence de certitudes scientifiques ne servira pas de prétexte pour ajourner des mesures visant à prévenir une dégradation de l'environnement* ». Une telle prémisse n'est évidem-

ment pas faite pour faciliter la coopération entre politiques et scientifiques. Mais l'expertise exige un autre changement de logique par rapport à la démarche de recherche : le métier de chercheur - du moins dans les disciplines expérimentales - consiste à observer et analyser les faits et à construire une théorie qui les explique mieux que les théories concurrentes, quitte à mettre ces dernières en défaut, sinon à les ignorer ; le métier d'expert, au contraire, demande d'examiner les faits à la lumière de toutes les explications possibles, y compris celles qui ne sont reconnues que par une minorité des scientifiques. Revenons encore à l'affaire de la vache folle : ce n'est pas seulement une erreur scientifique, c'est surtout une erreur d'expertise que la Commission Southwood avait commise en ne retenant pas dans son rapport la théorie du prion de Prusiner, et la seconde erreur a eu des conséquences infiniment plus graves que la première.

Le chercheur qui exerce, officiellement ou informellement, une fonction d'expertise, voit aussi changer ses canaux de communication. Ses modes de communication habituels, les revues à comité de lecture, le protègent par une méthodologie stricte, et le sanctionnent éventuellement par une déontologie sévère qui ne pardonne pas le moindre cas de *scientific misconduct*. La demande sociale d'informations, voire de certitudes, pousse le chercheur expert à communiquer par d'autres médias, la presse grand public, la radio, la télévision, qui n'offrent aucun garde-fou et pis, opèrent des amplifications sélectives impossibles à prévoir et encore moins à maîtriser: on peut se demander pourquoi ces médias ont diabolisé la dioxine, qui n'a tué personne à Seveso, et pas l'isocyanate de méthyle, responsable de plusieurs milliers de morts à Bhopal. Le

développement d'Internet aggrave ces risques de diffusion d'informations scientifiquement non valides ou déformées, comme on le voit pour les traitements prétendument miraculeux de maladies graves.

Le fait qu'un scientifique joue un rôle dans la décision politique l'expose aussi sur le plan de la responsabilité civile, voire pénale. A vrai dire, le chercheur a exposé sa responsabilité du jour où ses résultats ont été utilisés par l'industrie, mais elle était alors en quelque sorte préemptée par celle de l'industriel : la recherche d'un responsable étant guidée par la recherche d'indemnisation, il est évident que l'entreprise offre à cet égard des capacités financières bien supérieures à celles d'un Directeur de Recherche, fût-il de Classe exceptionnelle... Depuis quelques années la société ne demande plus seulement des responsables, mais des coupables : on l'a bien vu dans l'affaire du sang contaminé, où des experts scientifiques ont été poursuivis et, pour certains, condamnés. C'est alors la responsabilité pénale du scientifique qui peut être mise en cause, comme c'est le cas pour les auteurs du rapport de l'Académie Nationale de Médecine sur l'amiante, sous le coup de poursuites judiciaires pour « *diffusion de fausses nouvelles* ».

Dans les conclusions à un arrêt du Conseil d'Etat daté du 9 avril 1993⁶ il est énoncé que « *en situation de risque, une hypothèse non infirmée devrait être tenue, provisoirement, pour valide, même si elle n'est pas formellement démontrée* ».

Cette lecture de la jurisprudence à la logique surprenante est d'autant plus menaçante pour la recherche scientifique, et par-

ticulièrement la recherche médicale, qu'en l'occurrence (il s'agissait de définir les responsabilités dans un cas ancien de sida post-transfusionnel, antérieur à la découverte du virus et de sa présence dans le sang), l'hypothèse était non seulement non validée, mais *non formulée*. En d'autres termes, ce n'est plus seulement l'erreur scientifique qui serait répréhensible, c'est l'ignorance scientifique ! Et il est évident qu'un chercheur sera d'autant plus exposé qu'il aura joué un rôle d'expert, et plus encore s'il base ses hypothèses sur des analyses statistiques des phénomènes observés. Au fond, se rejoignent ici des problèmes d'épidémiologie, de modélisation, d'éthique voire des responsabilités en termes de méthodologie (cf. *intra* la Note de réflexion du Conseil intitulée « *Ethique et déontologie du scientifique* »).

Le drame de la transmission du sida par voie de transfusion fait intervenir de nombreux aspects : controverses scientifiques, interventions du législateur, création de commissions d'enquêtes au Parlement, mis en cause de ministres, recherche de responsabilité civile ou administrative ... Selon les juges⁷ il y avait, dans les drames cités, une faute de nature à engager la responsabilité de l'Etat dans l'exercice d'un pouvoir de police sanitaire; la jurisprudence pouvait être interprétée comme « *un penchant vers un régime de faute lourde* ». Dans la mesure où était surtout reproché à l'Etat une carence dans l'utilisation de son pouvoir de réglementation des produits sanguins, il était plus logique de se placer sur le terrain de la faute simple, qui ne requiert pas le même caractère d'évidence et de gravité (la notion de risque est associée à la gravité et non à sa rareté). Parfois, et contrairement aux

⁶ Commissaire du Gouvernement dans le cadre d'un arrêt rendu le 9 avril 1993 (*cas de M. D.*)

⁷ CE 23 déc. 1981 *Andlauer et autres*

idées reçues, la théorie du risque n'est pas exclue pour les usagers volontaires des services publics. Les décisions de l'Assemblée du contentieux du Conseil d'Etat se fonde sur la notion de « *risque exceptionnel mais connu* ». On peut⁸ ainsi entrer à l'hôpital pour une coxarthrose et sortir avec le sida. Le mal est fait et là où « *une présomption peut normalement être combattue par la preuve contraire ... le preuve contraire n'est pas ainsi apportée. Mais on se demande comment elle peut l'être jamais. Avec la jurisprudence .. on est passé de faute improuvable à un système de présomption en fait irréfragable, on frôle ainsi le risque* ».

La cour administrative, dans les contentieux liés au sida avait fait partir la responsabilité de l'Etat du 12 mars 1985, estimant qu'il avait « *été informé de manière non équivoque, des risques exceptionnels de contamination ...* ». Point n'était donc besoin de danger établi avec certitude : la simple existence d'un risque sérieux et qu'aucune mesure n'était prise pour le parer, suffisait. La charge de la preuve est ainsi inversée : c'est à l'Administration d'établir que les produits [sanguins...] administrés sont sains.

Du fait des responsabilités nouvelles que l'expertise implique, l'exercice de cette nouvelle fonction exige le respect par le chercheur d'une déontologie encore plus sévère : s'il peut espérer éviter d'être tenu à une obligation de fin, il ne peut échapper à l'obligation de moyens, c'est-à-dire de faire tout ce qui est en son pouvoir pour exprimer son meilleur jugement à partir d'une étude complète et impartiale - ce que les anglais appelle "*due diligence*". Cette déontologie doit

être d'autant plus exigeante que l'expertise donne à qui l'exerce un pouvoir considérable, et un scientifique tributaire des dépenses publiques pour ses recherches peut être tenté d'influer sur les décisions politiques pour orienter ces dépenses vers le domaine qui l'intéresse. La "*Big Science*" est connue pour avoir prêté le flanc à ces critiques, mais elle n'est pas la seule : on peut se demander par exemple si les publications alarmistes de certains chercheurs européens sur les effets des xéno-oestrogènes sur la fertilité masculine ne visaient pas à provoquer dans l'opinion une crainte qui oblige les pouvoirs publics à financer des recherches sur le sujet.

Employeurs des chercheurs, les organismes de recherche sont concernés au premier chef par tout changement dans leur métier, et *a fortiori* par des changements aussi fondamentaux que ceux impliqués par l'exercice d'activités d'expertise: la formation des chercheurs devrait sans doute être complétée, pour leur permettre de faire face aux difficultés de la communication grand public et à des exigences déontologiques accrues ; leur évaluation devrait prendre en compte les activités d'expertise; la question de la responsabilité respective de l'organisme et du chercheur devrait être étudiée...

Le CSRT compte poursuivre ses réflexions sur nombre de ces questions dans un prochain rapport.

IV. La formation par la science/ ou la science formatrice

La science est perçue comme une méthode de pensée originale, qui combine l'ob-

⁸ CE 29/11/1991, M.J.

⁹ CE 01/03/1989 *Bailly* ; citation de M. Fornacciarì, commissaire du Gouvernement.

servation et le raisonnement. A ce titre, elle est une discipline formatrice et qui structure la pensée. Elle n'a sans doute pas dans le cursus scolaire la place qu'elle mérite. Et au coeur des sciences, les mathématiques sont trop utilisées comme instrument de sélection.

Notre système éducatif - la communauté internationale nous l'accorde - développe remarquablement l'esprit d'analyse, mais insuffisamment la créativité et le sens de l'innovation. La place de la science expérimentale et de l'observation est à réinventer; l'une comme l'autre apprennent à être humbles devant les faits. On n'éludera pas non plus un débat sur nos méthodes de sélection¹⁰, radicalement différentes chez nous de ce qui se pratique dans le monde anglo-saxon, et qui - éventuellement par pure commodité de correction des épreuves - continuent de privilégier les mathématiques. Cela s'étend depuis le bon vieux triangle que l'on fait tourner dans tous les sens depuis dix-huit siècles, exercice que d'aucuns qualifieraient de 'scolastique imbécile', jusqu'aux problèmes ardues proposés de nos jours au concours d'entrée de l'Ecole Polytechnique. Une exposition plus précoce à la méthode scientifique, ses tâtonnements, ses doutes, ses remises en question, contribueraient à former des esprits plus autonomes et indépendants.

Les entreprises exigent de plus en plus de leurs cadres une capacité à travailler en équipe sur des problèmes complexes. La

formation par la recherche a souvent la réputation d'isoler les chercheurs sur un sujet étroit qu'ils sont les seuls à dominer et d'accentuer ainsi leur individualisme. Il pourrait être très profitable d'ouvrir la formation des doctorants à des sujets plus larges relatifs à l'environnement économique de leur recherche et de structurer les formations doctorales comme le sont déjà les formations d'ingénieur. L'insertion des chercheurs dans la vie économique en serait grandement facilitée.

Enfin, la formation scientifique et sa diffusion dans le grand public doivent jouer un rôle fondamental dans la lutte contre l'émergence des formes de pensée irrationnelle qui se développent actuellement et qui portent en germe une menace grave contre le développement de l'activité scientifique et technique. La communication scientifique à l'égard du grand public est dans notre pays très insuffisamment développée et les chercheurs ne se sentent pas suffisamment concernés par cette exigence de communication. Les associations scientifiques et les sociétés savantes sont insuffisamment puissantes et communiquent peu. Elles ont une présence insuffisante auprès du personnel politique et des décideurs. Un gros effort doit être entrepris pour améliorer cette situation.

Conclusions

1. Le décor

Les attentes de la société contemporaine à l'égard de la science se font aujourd'hui pressantes. Plusieurs causes y concourent :

a) Plus, sinon mieux, informés que jamais, les citoyens-consommateurs sont exigeants, se considérant comme détenteurs d'un nom-

¹⁰ Une expérience récente menée en première année de médecine révèle, par analyses statistiques multidimensionnelles, que le classement de tous les étudiants reçus reste assez invariable (à quelques unités près) si l'on élimine l'épreuve de mathématiques. Autrement dit, l'épreuve de philosophie sélectionne les mêmes que l'épreuve de mathématiques, les mêmes que l'épreuve de chimie, etc.

bre sans cesse croissant de droits. Face à la science :

- * ils exigent des résultats tangibles et quasi-immédiats en termes d'amélioration du niveau et de la qualité de vie; ils demandent que non seulement les scientifiques produisent des connaissances, mais qu'ils rendent compte des conséquences, alors que les échelles de temps ne s'y prêtent guère ;
- * ils sont à l'affût du bon usage, en somme du « juste retour », des impôts qu'ils paient;
- * ils réclament d'être mis à l'abri de tout risque et, quand malheureusement l'accident ou l'erreur arrive, recourent à la justice de plus en plus volontiers.

b) La mondialisation, dans toutes ses composantes (circulation des capitaux, des produits, des hommes et de l'information), contribue puissamment à cette évolution. Ce qui caractérise le monde aujourd'hui est une concurrence omniprésente, multiforme et féroce, qui s'impose aussi en amont au monde scientifique, qu'il s'agisse de recherche fondamentale ou de recherche technologique et, en aval, à la valorisation des résultats.

c) Les frontières entre sciences « dures » et sciences « molles » s'estompent ; elles ont besoin les unes des autres pour progresser efficacement. Il y a longtemps que la médecine fait appel à la physique et à la chimie ; que la sociologie intègre des mathématiques et des statistiques. Mais, depuis peu, c'est au tour des sciences dures de reconnaître une interdépendance. L'informatique s'appuie sur la connaissance du vivant pour concevoir ses logiques; la physique recourt à la biologie pour progresser dans divers domaines. La dépendance est encore plus nette au stade de la recherche appliquée, où la connaissance des caractéristiques et des

besoins - tant de la société que de l'individu - fournit une aide précieuse, voire un guide indispensable.

d) Les entreprises, sources de la création de richesses, sont, plus que toute autre entité, exposées à la concurrence. Il leur faut en permanence innover et s'adapter. Leur développement, parfois leur survie, sont à ce prix. Elles attendent donc beaucoup de la science et de ses applications. De la bonne articulation entre science, technique et production de biens et de services, de la fluidité du « courant » qui doit circuler - dans les deux sens - entre ces trois activités dépend le succès ou l'échec collectif.

2. La France

La place de la France dans cette compétition - quand bien même elle s'est hissée au 3e rang mondial en termes de moyens dévolus à la recherche rapportés au PIB (2,34%) - n'est pas aussi bonne qu'elle pourrait l'être.

A y regarder de près, estime le Conseil supérieur, et en grossissant volontairement le trait, les faiblesses de notre pays tiennent aux trois facteurs suivants :

a) Notre système national d'éducation tend à privilégier la concurrence, mais une concurrence dans la restitution de connaissances apprises par coeur et dans la présentation conventionnelle de ces connaissances plutôt qu'une concurrence dans la réflexion et l'initiative personnelles. Force est de constater que l'on n'enseigne guère la nécessité, désormais incontournable, de l'interdisciplinarité et du travail en équipe. Pire, on considère souvent, à l'Université, que seule mérite révérence la pure spéculation intellectuelle, que c'est déchoir que d'approcher du cambouis et qu'il est mora-

lement douteux de reconnaître porter attention à l'argent.

b) Notre mentalité collective nous porte à réclamer l'égalité plus que la liberté, à chérir la sécurité plus que l'initiative, à rechercher la subvention plutôt que le profit, à contempler notre clocher plutôt que le monde avec ses réalités au-dehors et, enfin, à commémorer le passé - ce qui peut être louable en soi - plus qu'à préparer l'avenir, vital pour les générations futures.

c) L'Etat porte sa part de responsabilité dans la naissance et la persistance de cette mentalité. Depuis des siècles, il attire les élites et celles-ci veillent à faire perdurer sa prééminence. Certes, l'Etat - et, plus généralement, toutes les composantes du secteur public - a un rôle essentiel à jouer, notamment pour assurer une cohésion sociale, particulièrement nécessaire en période de mutation économique, mais, si l'on veut bien faire un constat quelque peu franc, la France, comparée à ses concurrents, souffre toujours d'un "trop d'Etat".

*

* *

3.

Recommandations

Si les handicaps qui viennent d'être signalés n'ont pas empêché notre pays de faire partie du peloton de tête des pays industrialisés, la compétition n'en est pas moins rude et les attentes de tout un chacun deviennent concomitamment plus affirmées. La France risque de s'émousser si l'on réagit trop lentement, ou pour le moins de s'essouffler.

Les **sept recommandations** qui suivent sont de portée générale (à ce stade des travaux du Conseil), car leur objet est avant tout de *préconiser l'instauration d'un climat* dans

lequel les initiatives des individus, des entreprises, des groupements, des collectivités locales, les établissements d'enseignement et de formation créeront *les conditions du succès collectif*.

Pour ce faire, il importe de :

1) Développer une culture d'ouverture au monde.

Ceci implique, entre autres, que l'on apprenne à conquérir plutôt qu'à protéger et que l'on s'en donne les moyens, à commencer par la connaissance de langues et de cultures étrangères. L'économie mondialisée à une langue commune, qui malheureusement n'est pas le français. Il est absurde que trop de Français¹¹ ignorent encore cet anglais international dans lequel Shakespeare ne se reconnaîtrait guère. L'essentiel n'est-il pas de véhiculer clairement et vite, nos idées, nos thèses ou ce qui n'enlève rien à la volonté exprimée par ailleurs de défendre et de promouvoir la langue française - en un mot, de faire mieux comprendre par le plus grand nombre ce que sont la recherche et les percées conceptuelles ? Cette obligation pourrait utilement s'accompagner d'une autre: celle d'écrire des ouvrages de synthèse en langue française pour pérenniser les concepts et les connaissances par acculturation. L'incitation à le faire demande simplement que l'on impose cette double grille d'évaluation des travaux scientifiques dans les comités *ad hoc*.

2) Accompagner les changements de comportement induits par les techniques nouvelles de l'information et de communication, dans la conception de

¹¹ Que dire lorsqu'un sondage (fév. 1998) nous apprend qu'un Français sur deux déclare ne connaître aucune langue étrangère ?

produits et de services novateurs, dans les méthodes de productions des biens et des services, dans la diffusion commerciale et jusque dans les modes de consommation.

3) Favoriser l'innovation notamment dans le tertiaire, aujourd'hui le plus créateur d'emploi, en particulier pour toute entreprise de services nouveaux; mettre en place la recherche dans le tertiaire; donner droit de cité à une recherche technologique centrée sur le savoir-faire et l'innovation des produits, des procédés et des services et l'organiser. (cf. plus loin les trois Notes de réflexion' du CSRT, consacrées spécifiquement aux moyens de l'innovation et à la recherche technologique).

4) Développer une culture de l'initiative et de la prise de risque raisonnée.

Dans un monde de concurrence, le succès - et donc la survie - dépend de la capacité d'innover et de s'adapter, donc de l'esprit d'entreprise, qu'il faut encourager en le libérant de formalités excessives, de fiscalités dissuasives et de systèmes de financement trop timorés.

5) Développer en tous domaines une culture de partenariat.

Au niveau de l'éducation et de la formation, enseigner le travail en équipe car la concurrence se joue entre équipes plus qu'entre individus; enseigner que tous les métiers sont également "nobles" dès lors qu'ils sont bien faits et que dans l'équipage de son navire, le succès de tous dépend de la qualité réunie des compétences de chacun. Pour ce qui nous concerne, il s'agira, au niveau de la recherche fondamentale, de favoriser les interactions entre disciplines différentes, de même qu'au niveau

de la recherche appliquée, il faudra poursuivre et encourager avec énergie le développement des partenariats universités-entreprises.

6) Elaborer tout indicateur et méthodes appropriées, susceptibles d'évaluer la pertinence des travaux scientifiques, notamment leur capacité à être transférés sur le marché au-delà de leur qualité académique.

7) Favoriser d'une part la pluridisciplinarité, dans l'enseignement supérieur, notamment au niveau doctoral, dans les écoles d'ingénieurs ou d'enseignement non technique, dans les équipes de recherche publique, d'autre part, les liaisons avec les sciences sociales et humaines, afin de briser le risque d'enfermement des chercheurs dans des villages planétaires, peuplés de micro-spécialistes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] «La recherche agronomique européenne dans le monde du XXième siècle ». INRA Editions, Paris, 1997
- [2] ROQUEPLO : « Entre savoir et décision, l'expertise scientifique », INRA Editions, Paris, 1997
- [3] Rapport de l'Observatoire des sciences et techniques « Indicateurs 1998 ». OST, Editions ECONOMICA, Paris.
- [4] « Principaux indicateurs de la science et de la technologie pour 1997 », vol 1, publications OCDE, Paris.

Chapitre 2

Evaluation et gestion des ressources humaines

Rapporteur : Marc-Olivier GEBUHRER

Introduction

Le second axe de réflexion abordé par le Conseil a trait à *l'évaluation* et à la *gestion* des ressources humaines dans les domaines de la recherche, de la technologie et des secteurs connexes¹. Toutefois, il paraît d'emblée nécessaire d'opérer une distinction entre les **deux termes**, tant il est patent que celui de *gestion*, emprunté à ce qui est pratique courante dans de nombreux secteurs de l'économie, ne fait pas forcément une unanimité de compréhension dans la communauté scientifique.

L'évaluation et la gestion des activités de recherche, publiques ou privées, constituent des problématiques sensibles sur lesquelles, cela va de soi, le Conseil ne peut, à ce stade de ses investigations, donner que des approches partielles, tout en estimant qu'il convient de dépasser le cadre strict de l'évaluation telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui dans le secteur public. Au terme des travaux, **il s'agira bien d'avancer des recommandations, visant à garantir la meilleure utilisation possible du potentiel humain** du dispositif national de recherche. C'est pour cette raison que la terminologie "*gestion des ressources humaines*" a été retenue, non sans qu'un contenu large n'ait été exploré pour faciliter les constats et la suite des débats. Ce qui sera dit pour les chercheurs, ou enseignants-chercheurs, par exemple sur la mobilité, se veut extensible aux autres corps, d'ingénieurs, de techniciens et d'administratifs (ITA, IATOS, ITARF) qui concourent à l'avancement de la recherche, même si beaucoup d'exemples sont ici pris dans le seul monde des chercheurs. Chaque corps a ses particularités, de statuts et/ou de fonction, mais c'est tout le propos du Conseil que de rechercher des solutions d'ensemble cohérentes; les rapports entre chercheurs, ingénieurs, techniciens sont naturellement appelés à évoluer dans le temps, comme le font les techniques elles-mêmes.

Rappelons enfin qu'en matière d'emploi scientifique, au sens large, la France a cette particularité de répartir ses nombreux agents publics entre l'Université, les Ecoles et les organismes², et que le pays s'est hissé au 3e rang sur le plan international, derrière les Etats-Unis et le Japon, pour ce qui est du ratio DIRD/PIB et DIRD/habitant.

¹ Dans la suite, par commodité rédactionnelle, le terme 'recherche' est utilisé pour recouvrir l'ensemble des domaines de la recherche, de la technologie, du développement technique.

² Les organismes publics (dont EPST, EPIC et EPA), comptent 38 437 chercheurs et ingénieurs de recherche les Universités et Ecoles 42 484, les Institutions 3 710, entreprises 66 618 pour un total de 151 249 - source MENR/stat. PLF '98.

Aussi ce chapitre constitue-t-il un rapport d'étape, en quelque sorte, de l'étude que le CSRT entend mener, pendant son mandat, relative à l'évaluation et à la gestion des ressources humaines. Il souligne, autant que faire se peut, que l'évaluation reste une procédure essentielle - quoique sous des formes qu'il convient de renouveler profondément - mais ne peut, par elle-même, tenir lieu de méthode pour accroître les synergies auxquelles la communauté scientifique, dans son ensemble, pourrait utilement contribuer.

C'est à l'issue de ce premier parcours, en trois parties, que nous pourrions valablement repenser l'évaluation et son articulation avec une approche novatrice de la gestion des ressources humaines :

I. La première partie rappelle et **met en perspective les missions** auxquelles se doivent de répondre tant **l'évaluation que la gestion des ressources humaines**. Sans référence à ces missions, les mesures que l'on peut préconiser demeureront opaques, au mieux inefficaces et au pire seront sommairement rejetées.

II. La deuxième partie traite de **diverses dimensions de la mobilité**, concept récurrent, parfois mal défini, dont le caractère général masque des aspects distincts. Le Conseil fera à cet égard plusieurs recommandations.

III. La troisième partie met en évidence plusieurs questions liées aux **mutations en cours chez les personnels** relevant des corps d'agents autres que chercheurs et à l'urgence des mesures à prendre pour desserrer les freins à une utilisation optimale du potentiel qu'ils représentent, faute de quoi on peut craindre de graves régressions.

Nombre de champs de réflexion resteront, néanmoins, largement ouverts, parmi lesquels :

*** l'activité de recherche des entreprises du secteur privé**, qu'il s'agisse des PME-PMI ou des plus grandes d'entre elles, qui soulève des questions redoutables et complexes ; il est fréquent, par exemple, tout en reconnaissant que les entreprises subissent les contre-coups de la conjoncture mal maîtrisée, de constater que des **considérations à court terme** l'emportent dès lors qu'il s'agit de consacrer des investissements importants à la mise en oeuvre d'une véritable activité de recherche dans l'entreprise, de même qu'il est certain que **la méconnaissance considérable de la dynamique de l'entreprise** et des critères du monde socio-économique par les chercheurs du secteur public contribue à entraver les synergies pourtant indispensables.

Peut-on envisager sereinement que le dynamisme économique du pays soit grevé par des considérations à trop court terme, par un refus de prendre la mesure de l'intérêt vital de la recherche du secteur public, ou parce que l'on hésite à lever les freins institutionnels, tels, par exemple, les domaines d'éligibilité au crédit d'impôt-recherche, ou à adopter des orientations de la recherche nationale en faveur de secteurs en difficulté (bâtiment, génie civil, mécanique ...)?

Si l'on veut avancer dans la recherche de solutions à ces problèmes complexes, quelles mesures préconiser, sans chercher à altérer les dynamismes spécifiques en jeu, en faisant de leurs tensions (voire de leurs antagonismes) une richesse ?

- * **L'évaluation**, ses instances et ses modes, posent des questions difficiles ; on ne peut commencer à y répondre qu'en ayant auparavant mis en évidence les ressources cachées du dynamisme intellectuel de la recherche.
- * Parfois s'interroge-t-on quant à **la pertinence du modèle social actuel** dans les organismes de recherche publics. A cet égard, ce rapport d'étape se veut catégorique : l'utilisation du potentiel humain actuel suppose, certes, qu'il y ait une vision dynamique, mais qui ne soit en rien contradictoire avec la sécurité de l'emploi et les garanties de la fonction publique qui permettent justement à l'effort intellectuel de se déployer **sans contrainte autre que l'objet même de l'investigation.**

La poursuite de la réflexion du Conseil concernant l'évaluation et la gestion des ressources humaines, au-delà du présent rapport, supposera l'étude, d'une part, des moyens à mettre en oeuvre, entre autres, pour le suivi individuel des personnels, d'autre part d'approfondir un aspect de la mobilité qui s'est encore fortement dégradé depuis quelques années, celui vers les secteurs socio-économiques, et comprendra enfin une phase où sera mené un examen comparatif de notre situation avec celui d'autres Etats-membres de l'Union européenne, notamment.

I. Mise en perspective des missions

Force est de constater que les nombreuses réflexions gouvernementales (et les textes réglementaires qui en découlent), qui se fondent et s'appuient largement sur des contraintes croissantes, notamment budgétaires, auxquelles les gouvernements successifs ont dû faire face, affichent bien l'espoir de voir la France tenir son rang dans le concert des pays scientifiquement développés, mais aussi l'ambition parfois réduite, pour ce qui concerne les personnels, à l'objectif de rajeunir sans à-coup le potentiel humain de la recherche publique.

La raison de l'échec relatif jusqu'ici de ces réflexions et mesures ponctuelles est

aujourd'hui résumé fort bien dans le document n°2 (*opus cité in fine*) qui note que « *la mobilité doit se situer dans **un contexte nouveau.** Il ne s'agit pas tant de réponse à des problèmes conjoncturels d'alignement de la masse salariale que d'introduire **une logique nouvelle** dans le déroulement des carrières des enseignants-chercheurs et des chercheurs en leur ouvrant des perspectives de parcours alterné. Réciproque et symétrie doivent être de mise dans la mobilité entre chercheurs et enseignants-chercheurs* ».

Le groupe de Conseillers concerné par cette étude a décidé d'élargir notablement la problématique qui précède : ce rapport pour l'année 1997 du CSRT se doit de noter avec force que **la question de**

l'appropriation par la collectivité nationale de son potentiel de recherche se pose aujourd'hui avec acuité.

*

* *

Il s'agit en effet, au travers des sept missions ci-après, de trouver des **réponses aux attentes** (cf. Ch. 1 qui traite *in extenso* des attentes vis-à-vis de la société) :

1. **favoriser l'essaimage** de l'apport intellectuel, culturel, méthodologique, scientifique de l'activité de recherche dans l'ensemble de la société³ : système éducatif, entreprises, tissus associatifs, collectivités territoriales;
2. **contribuer à une appropriation individuelle et collective des connaissances**, à la fertilisation croisée des approches, des savoirs et des savoir-faire ;
3. **contribuer à une élévation massive des qualifications** et compétences les plus diverses, par la diffusion de l'esprit d'innovation, d'initiative;
4. **mieux percevoir les préoccupations du secteur économique et l'enjeu des services**, d'assurer le transfert des connaissances et des compétences dans les deux sens: des laboratoires publics vers les entreprises et réciproquement;
5. **favoriser l'évolution des thèmes interdisciplinaires** et des structures par les mobilités individuelles temporaires ou de longue durée;
6. **faire en sorte que chacun ait des possibilités réelles d'évolution de son travail et de sa carrière** en fonction des compétences acquises et mises en oeuvre mais aussi de ses goûts et aspirations ;

³ Cf. les attributions du ministre précisées à l'art. 1 du décret n° 97-707 du 11 juin 1997, à commencer par le fait qu'il « *prépare et met en oeuvre la politique du Gouvernement en ce qui concerne l'accès de chacun aux savoirs* ».

7. **donner à la France les moyens d'être pleinement partenaire international** d'une coopération multiforme - scientifique, culturelle, économique - dans l'Union européenne et dans le monde.

C'est à l'aune de cet ensemble de **sept missions**, aujourd'hui partie intégrante de l'effort de recherche de tout pays développé, qu'il faut repenser les questions liées à « *l'évaluation et à la gestion des ressources humaines* » dans les métiers de la recherche : c'est dans cette approche que des dysfonctionnements internes pourront trouver, espérons-le, des solutions soucieuses de la pleine utilisation, pour la société, du potentiel considérable de ce secteur d'activité.

II. Diverses dimensions de la mobilité

Il est bon d'observer que le discours fréquemment entendu sur "**la**" mobilité obscurcit le champ de vision plutôt qu'il ne l'éclaire. Il existe, à nos yeux, **plusieurs types distincts de mobilité** que toute politique novatrice de gestion de ressources humaines devrait considérer avant de les articuler. Notons que le document n°2 (*opus cité in fine*) est encore fort loin de l'ample réflexion nécessaire à ce sujet et que le document n°1 (*opus cité in fine*) se limite pour l'essentiel **aux aspects de la mobilité** liés à la *carrière du chercheur*, tels les obstacles administratifs, la détection précoce de talents, l'harmonisation des carrières de chercheur et d'enseignant-chercheur.

Il est nécessaire de souligner que les métiers de la recherche ou d'enseignant-

Il est nécessaire de souligner que les métiers de la recherche ou d'enseignant-chercheur se traduisent par une *accumulation* des connaissances et un *développement continu* de compétences, ce qui inscrit nécessairement ces activités dans le long terme. Le passage d'une activité de recherche à une autre peut s'avérer parfois irréversible. Comme tel, il comporte donc *des risques*, mais le risque, au moins intellectuel ne devrait-il pas faire partie du métier de la recherche ! On constate, de plus, une diversification et une évolution des métiers de la recherche, du métier et des responsabilités, au cours de la carrière d'un chercheur.

Enfin, l'investissement intellectuel et personnel qu'exige la recherche est tel que toute modification de trajectoire doit être fondée sur l'incitation, la conviction et l'adhésion des personnes et non pas sur la pression, l'obligation ou le commandement. **C'est dire que l'articulation entre responsabilité et liberté, voire leurs antagonismes, est fondamentale.**

Pour la qualité de la recherche, l'important est *la mobilité intellectuelle* : n'a-t-on pas beaucoup trop vu de chercheurs travailler toute leur vie - au prix d'une sclérose certaine de l'esprit - dans le seul domaine de leur thèse de doctorat ? Il semble maintenant acquis que le chercheur efficace est celui qui sait changer opportunément de thème de recherche, interdisciplinarité thématique oblige.

Or, jusqu'à présent, sur le plan institutionnel, on a beaucoup trop mis la priorité sur *la mobilité géographique*, au détriment de *la mobilité thématique et intellectuelle*. Dans une optique de développement, on estimait que le jeune chercheur, fraîchement diplômé, devait

aller essaimer et transplanter son thème de recherche dans un autre lieu, et ainsi multiplier en France des équipes concurrentes travaillant dans le même domaine. La situation évoluant, on pourrait espérer que la mobilité géographique soit ensuite accompagnée d'une certaine mobilité thématique. On n'en a pas moins dévalorisé ceux qui, changeant simplement de laboratoire dans le même lieu, ou changeant complètement de thème de recherche dans leur laboratoire d'origine, faisaient largement preuve de *mobilité d'esprit*.

Tout ce qui précède indique qu'**au stade actuel**, sans préjuger de l'avenir, la mobilité concerne principalement les chercheurs ou les enseignants-chercheurs *à titre individuel*, plus exceptionnellement des équipes ou des laboratoires, donc des collectifs de recherche. Dans ce cas de figure, elle a pour objectif de créer ou de renforcer *un rôle de compétence collectif* ou encore d'utiliser mieux, d'affirmer ou de développer des compétences individuelles.

*
* *

Les mobilités se déclinent pour l'essentiel comme suit :

A Mobilité thématique d'activité ...

A titre individuel ou collectif, elle se traduit par l'utilisation et le développement de compétences disciplinaires sur un objet de recherche différent de celui sur lequel on travaille (par exemple, passant du génie des procédés à une recherche sur l'environnement, ou d'une discipline particulière à l'histoire des sciences...). Elle se traduit, dans le cas d'une

mobilité de **type d'activité**, par le passage, par exemple, d'un travail de laboratoire à une position d'animation et de gestion de la recherche. Encore doit-on noter que, le plus souvent, un directeur de laboratoire est un chercheur qui poursuit son activité propre tout en assumant d'autres responsabilités, du moins **temporairement**, ce qui n'est pas forcément sain.

... **et disciplinaire**

Sans doute la plus difficile; elle recoupe pour partie, sans s'y confondre, la précédente; elle nécessite une totale réorientation, un très fort investissement personnel pour réussir pleinement la transition.

B Mobilité géographique

Elle se traduit par une migration transitoire ou définitive d'un endroit à un autre, sur le plan national ou international, avec parfois des difficultés de transfert d'équipes en application des décisions du CIAT⁴, à partir de la région parisienne vers la province.

Elle peut se traduire également par des séjours à l'étranger, ce qui est en soi fort recommandable, sous la double réserve que cet éloignement de l'Hexagone ne crée pas des nomades intellectuels, ni ne joue en défaveur du retour voulu par les intéressés. Nous pensons ici aux difficultés de réinsertion que connaissant les 'post-doc'.

C Mobilité institutionnelle

C'est de loin l'aspect le plus complexe; on peut grossièrement le subdiviser en deux catégories :

- * échanges enseignement supérieur vers grands organismes publics de recherche et le réciproque ;
- * échanges chercheurs/enseignants-chercheurs vers le secteur économique et réciproquement, et c'est, comme nous l'avons signalé plus haut, un axe de poursuite des investigations.

D Mobilité statutaire

Elle est le plus souvent la conséquence d'autres types de mobilité (notamment institutionnelle); elle peut, néanmoins, concerner le passage d'un corps à un autre. Un cas particulier actuel et notable est le passage du corps ITARF ou IATOS à celui des chercheurs, l'inverse étant plus rare, mais devant être possible.

Il convient naturellement de souligner que toutes les propositions et recommandations s'appuient sur l'exemple prototype du secteur public de la recherche (organisme ou établissement d'enseignement supérieur (EES) - ce qui n'implique pas qu'il soit idéal - mais elles valent aussi pour les EES sous statut privé, dont les personnels du statut universitaire doivent, pour des raisons évidentes, bénéficier des mêmes possibilités d'échange, de modification d'itinéraire intellectuel ou géographique que leurs pairs du secteur public.

Quelques difficultés relatives à trois types de mobilité (thématique, géographique, institutionnelle).

Ce qui est décisif, pensons-nous, pour une vision dynamique du potentiel humain de la recherche, c'est avant tout de **favoriser la mobilité intellectuelle**, tout en soulignant, pour en prendre la pleine mesure, une série d'obstacles et, pour commencer, deux effets à nos yeux pervers:

⁴ Comité interministériel de l'aménagement du territoire.

- le fait d'encourager les chercheurs à se charger d'enseignements (pour lesquels ils perçoivent un complément de salaire avec totale latitude de l'enseignement dispensé) a freiné leur mobilité vers les établissements d'enseignement supérieur ;
- le " principe du non remplacement des départs de personnels d'un laboratoire " qui avait pour but d'éviter " *le maintien de situations locales acquises* ".
Mais, mettre sur un même plan les départs normaux en retraite et ceux par mobilité fait que **l'intérêt d'un laboratoire sera d'éviter toute mobilité d'ITA, de chercheur ou d'enseignant-chercheur.**

Parmi les difficultés, il est indiscutable que **le contexte économique morose** de ces dernières années a aggravé la situation. Celles de recrutement et de promotion ont renforcé les corporatismes, quels qu'ils soient.

Mais il n'est pas possible, non plus, d'ignorer **certaines difficultés inhérentes à l'articulation de divers types de mobilité.** Il est, par exemple, des domaines scientifiques pour lesquels la mobilité, géographique ou thématique, reste très difficile : en témoignent certaines sous-disciplines extrêmement pointues de sciences humaines : ex : l'épigraphie orientale⁵, domaine culturel du plus haut intérêt, situé aux sources de l'écriture et donc de la civilisation. Il serait donc illusoire de vouloir imposer une quelconque mobilité géographique à ces chercheurs, hormis celle qui consiste à se déplacer vers les champs de fouille en Mésopotamie.

⁵ Où le jury de thèse ne peut se constituer qu'à l'occasion de la visite en France de tel spécialiste international, car nous n'avons pas un nombre suffisant d'experts en la matière (et même leur nombre est dans le monde extrêmement restreint).

Autre obstacle à une mobilité géographique dans certains domaines scientifiques : **les querelles entre écoles scientifiques** ressortissant du même thème. Cette situation est bien connue en certaines disciplines⁶...

Enfin, la mobilité thématique associée à la mobilité géographique est elle aussi parfois contrariée : c'est le cas de la mobilité interdisciplinaire, dans des domaines frontières⁷ entre les grandes disciplines., qui rencontre les mêmes obstacles que la recherche multidisciplinaire, en raison du caractère cloisonné de notre système scientifique. Au CNRS, mais c'est sans doute vrai pour bien d'autres organismes, il est beaucoup plus facile pour un chercheur de se déplacer géographiquement vers un laboratoire thématiquement proche de son laboratoire d'origine - ou en tout cas relevant du même Département scientifique - que de se déplacer vers un laboratoire (éventuellement géographiquement proche) dont la thématique ressort d'un autre Département, mais auquel il souhaite s'associer pour y effectuer une recherche multidisciplinaire.

La situation se complique encore s'il s'agit de déplacer thématiquement, non seulement un chercheur isolé, mais toute une équipe⁸, surtout si des ITA lui sont

⁶ Dans une sous-discipline un tant soit peu pointue, il est souvent hors de question pour un chercheur de trouver une nouvelle affectation dans un laboratoire géographiquement différent de son laboratoire d'origine, parce qu'il aura été formé dans l'école « rivale ».

⁷ Pourtant on estime que c'est là que se fera la majeure partie des découvertes de demain).

⁸ Une heureuse exception mérite d'être signalée : l'INRA, où ont été réussies des mobilités d'équipes, préparées longtemps à l'avance. L'utilité est double : cela permet de recréer immédiatement des pôles de taille critique qui ne font pas doublon avec l'équipe de départ, mais aussi laisse une nouvelle marge de développement à celle-ci du fait du transfert

affectés. Il est quasiment impossible dans ce cas de transférer les postes d'ITA et les agents ne pourront l'être que si le laboratoire destinataire reçoit de la Direction scientifique les postes correspondants : autant dire que cette possibilité n'existe pratiquement pas !

Tous ces problèmes, ces travers, représentent un véritable gâchis, quel que soit le domaine scientifique. Quelles solutions peut-on proposer pour les résoudre, si possible sans alourdir davantage la machine administrative ?

Une piste éventuelle pourrait être la suivante :

que les programmes interdisciplinaires de recherche (PIR) voient leur mission renforcée, en leur confiant un rôle scientifique plus important dans le recrutement et la carrière des chercheurs, en s'appuyant plus directement sur les Départements scientifiques. Devraient alors être revues en profondeur la composition et les missions des conseils de départements, ainsi que le mode de désignation de leurs membres.

Bien entendu, cela suppose aussi de **repenser le rôle du Comité national de la recherche scientifique**, bien qu'il soit difficilement envisageable ou souhaitable de le déposséder d'une partie importante de ses attributions. Mais, de toute manière, si l'on songe aux questions liées à la recherche universitaire, une réflexion concernant la Comité national de la recherche scientifique nous apparaît comme incontournable.

Il faut enfin noter qu'une telle solution est difficilement transposable aux EPST plus spécialisés (INSERM, INRIA, etc.).

d'une thématique avec l'équipe partante.

La *mobilité trans-disciplinaire* passerait alors par une mobilité inter-organisme⁹, mais pour laquelle peu de solutions pratiques existent actuellement.

*
* *

Recommandations

Comme il est dit plus haut, le Conseil va se pencher sur plusieurs axes de réflexion avant de proposer des recommandations d'ensemble sur ce qui pourrait conduire à une gestion optimale des ressources. Toutefois, ce tour d'horizon des différentes formes de mobilité permet d'avancer et de clarifier certains aspects.

S'agissant de :

A *La mobilité thématique*

Celle-ci ne procède pas, le plus souvent, d'une démarche individuelle, mais d'une démarche commune d'un ou plusieurs groupes abordant une problématique nouvelle. Par ailleurs, la dimension **disciplinaire**, trop absente des considérations antérieures ou actuelles d'origine gouvernementale, doit être prise en compte : toutes les démarches ne sont ni identiques, ni simultanées, ni homothétiques. Il s'agit donc de *favoriser des évolutions individuelles ou collectives*, de rompre avec des routines et d'induire de nouvelles synergies, sans porter atteinte à des dynamiques **naturelles** : les greffes autoritaires ("*top-down*") ne prennent que rarement.

⁹ Théoriquement plus facile depuis l'instauration du statut actuel des chercheurs en 1984.

Recommandations :

- R1 Mieux prendre en compte la mobilité thématique dans l'appréciation portée sur l'activité scientifique des laboratoires.
- R2 Gérer les activités incitatives collectives ou pluridisciplinaires en encourageant les collaborations réelles et suivies entre équipes plutôt que par le biais de programmes répartissant des contrats.
- R3 Repenser, à la faveur d'une contractualisation les périmètres, collaborations (et, pourquoi pas, jusqu'aux intitulés) des différents laboratoires d'un site, par un dialogue approfondi associant les intéressés mais aussi les partenaires extérieurs.
- R4 Créer, afin de favoriser les demandes de mobilité thématique, de nouvelles unités correspondant à des sujets « nouveaux »; confier aux responsables du personnel une fonction d'incitation et de proposition dans cette perspective.
- R5 Remodeler périodiquement les contours des sections du Comité national en favorisant les synergies, les contextes novateurs et des frontières nouvelles entre savoirs établis, sans porter atteinte au développements disciplinaires traditionnels *per se*.

De façon plus générale, le débat scientifique sur les orientations thématique gagnerait à être décloisonné et revivifié à tous les niveaux, avec tous les acteurs.

- R6 Donner aux enseignants-chercheurs, par dispositions **statutaires à créer**, la possibilité de changer de thème de recherche, soit à l'intérieur d'un même champ disciplinaire, soit avec changement de champ disciplinaire. Si la dynamique interne à un champ disciplinaire donné est **fréquente et**

inhérente au métier de chercheur, la seconde est souvent **pénalisante**¹⁰.

La fertilisation croisée des approches et des problématiques s'inscrit de façon actuelle dans la mission de diffusion dans la société des connaissances et de leur appropriation collective.

- R7 Favoriser toute **disposition statutaire** de mobilités qui conduise un enseignant-chercheur à s'investir davantage, à un moment donné de sa carrière, dans un processus de synthèse, de vulgarisation scientifique (interne par cycle de séminaire, ou externe en s'adressant à de larges publics).
- R8 Inclure dans la mobilité thématique des préoccupations de recherche liées aux processus industriels.
- R9 Favoriser la mobilité d'équipes entières, en levant les obstacles administratifs qui s'y opposent.
- R10 Reconnaître, sous des formes à définir, les disciplines en plein essor, qui correspondent à des besoins croissants et nouveaux dans la recherche et le développement technologique, tant fondamentale qu'appliquée, et avec les acteurs concernés dans les grands organismes de recherche publique et les instances universitaires.

*

* *

S'agissant de :

B La mobilité géographique :

Dans son principe, y compris pour des cas de force majeure (familiaux par

¹⁰ A titre d'exemple, l'histoire des sciences doit pouvoir accueillir en son sein des passages temporaires ou définitifs d'enseignants-chercheurs spécialistes de certains champs disciplinaires mais non nécessairement historiens).

exemple, ou lors d'une nomination pour un enseignant-chercheur), elle devrait être conçue dans le cadre d'un projet scientifique explicite.

Recommandations :

R11 Mettre en place pour les enseignants-chercheurs un mouvement distinct des recrutements, et des mutations pour raisons scientifiques (on ne peut prétendre encourager la mobilité et interdire *de facto* des mutations rendues nécessaires par le développement des connaissances).

R12 Favoriser les **congés pour recherches ou conversions thématiques avec mobilité géographique** pour les enseignants-chercheurs (en France ou hors de France), par des dispositions réglementaires faisant actuellement défaut¹¹. Une telle mobilité suppose, en outre, une indemnisation car elle occasionne des frais variables selon le pays d'accueil (à distinguer des invitations¹² pour séjour scientifique de longue durée prises en charge par l'institution invitante).

R13 Pour les enseignants-chercheurs, la mobilité géographique suppose le départ avec **remplacement de l'emploi** ; en cas de départ définitif, le délai de remplacement de l'emploi ne devrait pas excéder deux ans (ceci répond aux effets pervers déjà mentionnés).

¹¹ Exemple: en cas de mobilité hors du territoire national, il faut prévoir les conditions d'hébergement, de couverture sociale, de couverture maladie,...)

¹² Il est clair, par ailleurs, que l'invitation pour séjour scientifique de longue durée (pris en charge par l'institution invitante) reste un moyen privilégié pour favoriser les échanges transmis au niveau international. Mais il faut noter que si cet aspect est bien développé, notamment au CNRS, il est loin d'être aussi répandu dans l'enseignement supérieur ; c'est la raison pour laquelle les congés pour recherches ou conversions thématiques ont un rôle dynamisant fondamental.

D'autre part, les besoins de restructuration d'un laboratoire, d'évolution d'une discipline ou la prise en compte de techniques ou méthodologies nouvelles, peuvent susciter un séjour de longue durée en France ou hors de France. Après avis d'une instance scientifique, des mesures statutaires et financières spécifiques devraient faciliter ce type de mobilité, sans parler du risque de perte de rémunération, mentionné ci-après au titre de la mobilité institutionnelle. Qui dit 'mobilité géographique' dit disparités de coût de la vie d'une région à l'autre, des frais de mutation (de logement, mobilité de conjoint, d'enfants...).

C La mobilité institutionnelle

La mobilité entre organismes de recherche ou entre ces organismes et l'enseignement supérieur, notamment les universités, d'autre part, entre le secteur public de la recherche et le secteur public ou privé des entreprises est une question ouverte depuis longtemps.

On a pensé que les statuts des EPST, les équivalences avec les statuts universitaires et certaines mesures d'incitation lancées au milieu des années quatre-vingts allaient résoudre certains problèmes et ce d'autant plus facilement qu'on remarque un profond désir de beaucoup de chercheurs et d'universitaires d'évoluer dans leur carrière. La nécessité d'assurer de la souplesse dans la trajectoire professionnelle des chercheurs est un impératif. Néanmoins, on est frappé à la fois par le petit nombre d'échanges effectifs entre l'université et le CNRS et par sa décroissance régulière depuis 10 ans.

Pas moins de cinq facteurs y contribuent :

1° L'évaluation : bien que les statuts soient voisins, les critères et procédures d'évaluation sont différents et, comme il a déjà été noté plus haut, les contraintes statutaires ne sont pas les mêmes: le travail d'enseignement s'est considérablement alourdi et les tâches auxquelles sont confrontés les universitaires sont *de facto* beaucoup plus contraignantes et consommatrices en temps que celles des chercheurs des organismes.

Les critères qui permettent de valider les résultats scientifiques doivent peser, par exemple les « critères académiques » mais il est temps de les élargir aux autres missions qu'assigne le législateur¹³: brevets, réalisations concrètes à effets spécifiques, doivent être pris en considération. Par exemple, pour les enseignants-chercheurs, les efforts de synthèse, la publication d'ouvrages didactiques devraient valoir un poids plus lourd¹⁴, notamment dans le secteur des sciences dites dures. Mais cela, ne risque-t-il pas de devenir un vœu pieux si ce n'est pas accompagné d'une modification radicale de la composition des commissions d'évaluation, où seraient présentes d'une manière significative des personnes compétentes pour apprécier la validité de réalisations concrètes ? De fait, les modes et critères d'évaluation traduisent ou devraient traduire une véritable culture institutionnelle. Inversement, il faut éviter une

focalisation identitaire en trouvant des invariants, des dénominateurs communs. La composante académique, traduite en termes de publications dans des revues internationales est, qu'on le veuille ou non, l'un de ces critères. Il s'agit de faire en sorte qu'il ne reste pas l'unique.

2° La comptabilisation (trop) précise des chercheurs par les organismes: chaque organisme est - sans doute légitimement - soucieux de sa croissance ou du maintien de son potentiel. Il devrait s'y *ajouter le souci de l'intérêt collectif et de la réalisation de ses missions* ; les mises à disposition ou les détachements font l'objet d'après négociations, indépendamment de l'intérêt que ces mesures pourraient avoir, eu égard aux missions décrites précédemment.

3° La mobilité vers les universités est certainement freinée **par la difficulté qu'il y a à moduler les charges de travail des universitaires** ; ceci mériterait une étude en soi.

4° Le mythe d'un seul métier de recherche. Comme souligné plus haut, les métiers de la recherche sont pluriels et un même individu peut et (doit pouvoir) évoluer au cours de sa vie professionnelle. Cette dimension commence à peine à être prise en compte au niveau de l'évaluation.

5° L'impression, hélas, souvent fondée, que la mobilité peut se traduire par une déstabilisation prolongée professionnelle et personnelle. Les mesures d'accompagnement sont faibles, voire inexistantes. Par exemple, il est anormal qu'il n'y ait pas maintien (au moins) du niveau de rémunération pour un fonctionnaire lorsqu'il passe d'un établissement à un autre. Le principe de

¹³ Précisées à l'art. 55 de la loi n° 84-52 du 26 janvier 1984 sur l'enseignement supérieur : l'enseignement, incluant formation initiale et continue, tutorat, orientation, le conseil et le contrôle des connaissances ; la recherche ; la diffusion des connaissances et la liaison avec l'environnement économique, social et culturel ; la coopération internationale ; l'administration et la gestion de l'établissement.

¹⁴ Il est souvent plus gratifiant de publier une page dans "Nature" qu'un ouvrage de 500 pages faisant le point sur une question).

non-perte d'avantages financiers acquis¹⁵ devrait être étendu à toutes les primes, quitte à ce qu'elles soient érodées au cours du temps.

Recommandation :

R14 Pour mieux « lier » le dispositif de recherche, de mieux profiter des apports culturels extérieurs, de mieux faire participer les chercheurs à la formation, on pourrait retenir **la multiplication des unités mixtes entre organismes et universités**¹⁶.

Exemple: le cas de l'ORSTOM

Les chercheurs de cet organisme passent une partie de leur carrière à l'étranger ou dans les DOM-TOM. Ils acquièrent ainsi de précieuses connaissances des travaux sur des sites difficiles. En revanche, ils ont besoin de séjours en Métropole ne serait-ce que pour mettre à jour leur culture scientifique de base, mais aussi pour restituer de vive voix l'avancement de leurs travaux. Or, beaucoup d'entre eux reviennent uniquement dans des centres métropolitains de l'ORSTOM, ce que l'on peut regretter, car peu propice aux échanges interdisciplinaires. Il serait bien plus profitable, pour tous, de faire en sorte que **le séjour se passe dans des unités mixtes à forte composante CNRS-enseignement supérieur**.

De même, les centres ORSTOM hors Métropole devraient être mieux intégrés

aux tissus locaux et recevoir plus de chercheurs ou d'enseignants-chercheurs d'autres organismes.

Pour ce faire, il n'est pas nécessaire d'imaginer des bouleversements statutaires, ni réglementaires : un chercheur ORSTOM intégrant une unité mixte de recherche doit pouvoir garder son statut ORSTOM ; un chercheur CNRS (*versus* enseignant-chercheur) devrait pouvoir travailler avec une équipe ORSTOM aussi simplement.

La multiplication des **unités mixtes**, au-delà du CNRS/EES, rendrait en partie caduc cet **aspect de la mobilité institutionnelle** sans aucun bouleversement statutaire ni mesures d'harmonisation nécessairement complexes à mettre en oeuvre.

Le mélange culturel aiderait à la mobilité thématique, introduirait une mobilité fonctionnelle (par exemple, la participation plus effective des chercheurs à la formation ou la participation à des activités spécifiques comme la recherche en partenariat avec les équipes des PED¹⁷).

En résumé, une partie des problèmes de la mobilité institutionnelle se résoudrait d'elle-même en travaillant à la base, dans les unités. L'évaluation, part importante de la vie des chercheurs **serait principalement conduite dans leurs organismes de rattachement en croisant l'approche d'instances mixtes**.

Il conviendra par la suite d'analyser séparément la mobilité dans le secteur public et la mobilité vers l'industrie et les services. L'examen de ce

¹⁵ Prime d'encadrement doctoral ; prime de participation à la recherche scientifique (PPRS); prime d'informatique ...

¹⁶ Et éviter ainsi les isolés (la plupart des organismes ont des centres spécifiques excellents avec très peu d'enseignants-chercheurs ou de chercheurs d'autres institutions). Inversement, à part le CNRS, peu de chercheurs d'autres organismes sont accueillis dans des UMR-enseignement supérieur.

¹⁷ PED = Pays en développement.

second volet sera mené pendant l'année 1998 et n'est donc pas traité ici.

Mobilité dans le secteur public

Entre organismes publics

C'est, sans conteste, le cadre dans lequel la situation est aujourd'hui la meilleure : par exemple, plus de 300 personnels du CNRS sont en détachement ou mis à disposition d'autres organismes publics (et 250 dans des établissements d'enseignement et/ou de recherche). Il convient, cependant, d'observer que, suivant les périodes et les directions d'organismes, elle a été souvent freinée.

Recommandation :

R15 Encourager la mobilité entre tous les organismes (EPST comme EPIC), notamment dans le cadre de projets ou de formations communes à deux organismes, ou dans celui de programmes inter-organismes. Les dotations budgétaires (notamment en termes d'emplois) doivent évidemment compenser les déséquilibres qui peuvent s'établir.

Echanges entre grands organismes publics de recherche et enseignement supérieur

Le CSRT reprend totalement à son compte la conclusion de la Table Ronde qu'avait mise en place fin 1997 le ministre de la recherche et de la technologie (cf. doc. 2 cité *in fine*).

La mobilité entre chercheurs et enseignants-chercheurs répond aux intérêts du système français d'enseignement supérieur et de recherche, dont la spécificité d'une complémentarité

chercheurs/enseignants-chercheurs doit être maintenue ... **La réciprocité et la symétrie doivent être de mise dans la mobilité entre chercheurs et enseignants-chercheurs.** La mobilité par détachement ou concours de chercheurs comme enseignants-chercheurs ne devrait pas être exceptionnelle mais concerner une fraction significative des chercheurs.

L'accueil d'enseignants-chercheurs (et d'enseignants de second degré PRAG et PRCE¹⁸) dans les organismes de recherche, pour leur permettre de bénéficier au cours de leur carrière d'une période consacrée à temps plein à la recherche, **doit être fortement accru.**

Ces considérations doivent, selon le CSRT, être solidement renforcées, tout en reconnaissant, par exemple, qu'il n'est pas sain d'envisager une politique de mobilité réciproque entre les organismes publics de recherche et l'enseignement supérieur qui s'appuie pour partie sur une affectation d'heures complémentaires. Le fait que les chercheurs puissent accepter de telles heures déjà, constitue-t-il un frein réglementaire quant à une évolution des corps concernés vers l'enseignement supérieur? La question est posée. Il n'est pas non plus envisageable de raisonner à potentiel constant, même si certaines limites à un moment donné sont incontournables.

Les principes suivants devraient, en tout état de cause, être retenus, tant il importe de reconnaître que la mobilité est un impératif pour toute la société française, pas seulement pour les fonctions de l'Etat, ni seulement une problématique du seul ressort de solutions spécifiques recherche.

¹⁸ Professeurs agrégés et certifiés.

Recommandation :

R16 La mobilité chercheurs - enseignants-chercheurs doit faire l'objet de concours réservés. La mobilité correspondante ne peut être conçue comme une concurrence malsaine entre catégories **relevant d'assujettissements statutaires et réglementaires distincts**. Les disparités de carrière et de traitement indiciaire doivent être corrigées pour encourager la mobilité correspondante.

On peut retenir dans un premier temps l'idée d'un contingent annuel de 100 à 200 emplois d'universitaires mis à disposition des établissements d'enseignement supérieur à cet effet. Après sélection par un établissement d'enseignement supérieur, le chercheur serait détaché pour deux ans, puis intégré avec éventuellement promotion de grade.

R17 La mobilité enseignants-chercheurs - grands organismes publics de recherche doit faire l'objet de périodes d'au moins une année (éventuellement renouvelable). Tout enseignant-chercheur devrait y avoir droit au moins une fois.

Remarques:

Cette mobilité n'est pas une forme du «*congé pour recherches ou conversion thématique* ». Elle se conçoit aux fins de :

- programme intensif de recherches;
- rédaction d'un ouvrage à destination d'un public de chercheurs ou pour l'enseignement, mettant des résultats nouveaux au goût du jour et à la portée du plus large public;
- coopération scientifique de longue durée avec une équipe située géographiquement loin de l'établissement

d'affectation. Cette mobilité devrait, en conséquence, être cumulable avec un congé pour recherche ou conversion thématique, étant entendu que ceux-ci ne peuvent être jointifs dans le temps ;

- cette mobilité ne doit pas devenir un passage obligé pour un maître de conférences voulant devenir professeur.

III. Mutations en cours dans les corps d'agents autres que chercheurs (ITA, IATOS ...)

Un rapport sur la gestion des ressources humaines dans les établissements de recherche ne pourrait pas être complet sans évoquer les participants indispensables aux travaux de la recherche que sont les personnels Ingénieurs, Techniciens, Administratifs, Ouvriers ou de Service, relevant des statuts ITA dans les EPST, IATOS dans les Universités, et autres intitulés dans les EPIC, institutions dans lesquelles on ne fait d'ailleurs toujours pas une distinction entre chercheurs et ingénieurs de recherche.

Avant toutes choses, il nous faut réaffirmer fortement que, contrairement à une idée fausse qui a été malheureusement répandue il y a quelques années, en particulier pour ce qui concerne le CNRS, ces ITA et IATOS ne sont pas uniquement des «*personnels administratifs*»¹⁹. On peut, d'ailleurs, se demander si de tels personnels sont en nombre suffisant pour assurer les tâches proprement administratives et de secrétariat dans les unités de recherche.

¹⁹ Ceux-ci ne comptent en fait au CNRS que pour environ 11 % des effectifs ITA, et 6 % de l'effectif total chercheurs + ITA ; à l'INSERM, 20 % de l'effectif ITA, et 11 % de l'effectif total.

Les agents ITA ou IATOS sont bel et bien (et en grande majorité) des personnels scientifiques et techniques, certains même de très haut niveau : les ingénieurs de recherche sont, en compétence et en traitement indiciaire, sensiblement au niveau des chargés de recherche, voire des directeurs de recherche pour le grade d'ingénieur de recherche hors-classe.

Il est de fait que, depuis plusieurs années, la priorité a été donnée au nécessaire recrutement de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs. Les choix politiques des établissements les ont donc conduit au minimum à geler les postes ITA libérés par les départs (en retraite ou autres), et le plus souvent, hélas, à transformer ces emplois, en emplois de chercheurs. Pour faire faire les travaux effectués antérieurement par ces agents, les directeurs des formations de recherche étaient supposés avoir recours à la sous-traitance à des entreprises extérieures. Mais nombre de ces tâches ne peuvent être effectuées de cette manière, soit que leur technicité particulière rende difficile un appel à des personnels extérieurs insuffisamment qualifiés, soit que les crédits des unités de recherche ne supportent pas le surcoût que cela implique; il s'ensuit, le plus souvent, que ce sont les chercheurs eux-mêmes qui effectuent ces travaux, au détriment du temps consacré à la recherche.

Le lecteur trouvera en annexe une fiche, qui, à partir d'une analyse des bilans sociaux détaille certains mouvements numériques au niveau de certains organismes de recherche. Elle montre donc une diminution, ou au mieux une stagnation des effectifs ITA; de toute manière, la croissance concomitante des effectifs de chercheurs, ou des ingénieurs de recherche dans les

établissements qui ne font pas la distinction entre chercheur et ingénieur de recherche, a pour conséquence évidente une baisse du rapport numérique ITA/chercheur, régression qui fait qu'en raison des statuts en vigueur la promotion et la progression de carrière des agents s'en trouvent fortement ralenties, sinon arrêtées. Les directeurs d'unités ne pouvant assurer aucune promotion aux meilleurs de leurs personnels, il s'ensuit pour l'ensemble un grand découragement, nuisible à l'activité scientifique. En effet, n'oublions pas que, comme il est dit plus haut, il ne s'agit pas seulement de personnels subalternes. C'est donc toute la pyramide de compétences techniques qui est touchée: et cela ne va pas sans dommages, y compris pour la production scientifique, à laquelle tous participent.

Par ailleurs, on peut remarquer en général que la pyramide hiérarchique se déplace vers le haut. La cause en est certainement double : promotion d'ancienneté au choix, d'une part, promotion sociale par la formation permanente, d'autre part. L'effet d'ensemble en est pernicieux : les emplois supérieurs se trouvant pourvus par des agents, certes, parmi les plus âgés, mais n'ayant pas encore atteint la limite d'âge, les agents plus jeunes pouvant prétendre à une progression voient les perspectives de promotion se fermer, jusqu'à ce qu'un flux plus important de départs à la retraite ne la rende à nouveau possible.

Or, cette fenêtre de départs massifs va s'ouvrir dès 2005. Le Conseil est de l'avis qu'il commence à être grand temps de s'y préparer. Il y va du potentiel de tout le dispositif de recherche public en France (*cf. Chapitre 3 ci-après*).

Il est donc clair que la diminution du nombre d'emplois d'ITA amène une réduction des promotions de ces agents, et une situation sans doute pire pour les agents IATOS dans les Universités, ce qui diminue non seulement de la quantité des travaux de recherche possibles, mais aussi leur qualité, en raison à la fois des transferts d'activité techniques vers des personnels chercheurs et du découragement général des agents face à des perspectives de carrière peu motivantes.

Il est débattu par ailleurs des problèmes de la mobilité de ces agents. On note en particulier que les statuts permettent théoriquement le passage des corps d'ingénieurs vers les corps de chercheurs (ou d'enseignants-chercheurs), et *vice versa*, aussi bien que le passage des agents ITA d'un organisme dans un autre, sans changement de qualité ou de qualification. En fait ces transferts se heurtent à une quasi impossibilité pratique, et on doit remarquer que ce genre de mutation était plus facile au temps où les statuts de ces personnels étaient ceux d'agents non titulaires de l'Etat. La lourdeur des procédures de concours administratifs a assurément compliqué les choses, mais on doit aussi ajouter que les responsables d'unités de recherche sont très réticents à accepter la mutation volontaire d'un de leurs agents, dont ils sont à peu près sûrs qu'il ne sera pas remplacé.

On débat également des problèmes de l'évaluation scientifique des unités de recherche et des personnels chercheurs; celle-ci est faite, traditionnellement et statutairement, par les instances spécialisées: Comité national de la recherche scientifique au CNRS, Commissions scientifiques spécialisées à l'INSERM, ..., au vu des rapports

d'activités fournis périodiquement par les responsables d'unité de recherche et par les chercheurs. Le problème reste posé de l'évaluation scientifique et technique des ITA et IATOS. On a tenté, au CNRS par exemple, d'instaurer pour les ingénieurs une règle analogue de remise d'un rapport d'activités; encore faudrait-il que ce rapport puisse être lu et évalué, et avoir des conséquences sur la carrière des agents, ce qui ne semble pas le cas actuellement. De même, pour les autres grades, les projets de suivi de carrière par entretien périodique des agents avec l'autorité hiérarchique n'ont pas abouti.

Les causes de ces échecs probables sont multiples: lourdeur administrative générale, surcharge des instances existantes, manque de disponibilité des uns et des autres, etc. L'une d'elles, essentielle, est sans doute le manque de considération pour les fonctions remplies par ces agents, dont nous avons dit combien elles sont indispensables à la production scientifique, à la fois en quantité et en qualité. Un exemple parmi d'autres: le dilemme récurrent sur l'association des ITA aux publications: dans certains cas, le refus opposé à leur signature par des ingénieurs en tant que coauteur est une insulte à la qualité du travail qu'ils ont fourni.

Il est donc maintenant tout à fait nécessaire d'engager une réflexion de fond sur la place que doivent tenir les agents ITA et IATOS dans notre outil national de recherche, et sur la manière dont on doit considérer et évaluer leur activités. Cette réflexion doit avoir pour but la réhabilitation de ces fonctions et des personnels qui les remplissent. Il y va de leur dignité, de leur confiance en eux-mêmes et dans l'organisme qui les emploie, de la qualité de leur travail et en

définitive de la qualité même de la Recherche.

Documents cités :

1. « *Les métiers de la recherche* », rapport du Comité d'orientation stratégique (COS), avril 1996.

2. « *Principales conclusions du groupe de travail sur la mobilité des chercheurs* », rapport final d'une Table Ronde organisée par le Cabinet du MENRT, 30 octobre 1997.

FICHE ANNEXE
QUELQUES ELEMENTS CHIFFRES
ISSUS DES ANALYSES DES BILANS SOCIAUX
DES ORGANISMES DE RECHERCHE²⁰

Le Groupe a analysé les bilans sociaux de la majorité des EPST et EPIC. Il en ressort quelques éléments chiffrés qui sont à rapprocher des réflexions engagées par Conseil et consignées ailleurs dans ce chapitre.

a) mouvements numériques de personnels : quelques cas d'espèce :

En 1996, le CNRS a perdu 164 emplois d'ITA, soit 1,1 % de l'effectif; l'INSERM a perdu 8 emplois (0.3 %): baisse assez faible certes, mais la croissance continue de l'effectif chercheurs fait que le rapport ITA/chercheurs diminue rapidement : de 1,42 en 1988 à 1,31 en 1996. Cependant, un petit organisme comme l'ORSTOM échappe à cette statistique, bien qu'il faille ici connaître pour une année donnée les aléas de processus d'intégration de personnels pour en déduire les tendances. Ainsi l'ORSTOM perd des emplois de chercheurs en 1996 (-24, soit -2,9 %) après en avoir gagné en 1995 (+6, soit +0,7 %), et gagne des emplois ITA en 1996 (+44, soit +6,0 %) après en avoir perdu en 1995 (-23, soit -3,1 %) ; en fait il s'agit là des emplois réellement payés, tandis que le nombre d'emplois budgétaires reste presque identique et supérieur à l'effectif réel, ce qui permet ces ajustements.

Au CEA, où il n'existe pas de distinction entre ingénieurs et chercheurs, cette population a augmenté modérément (+129, soit +1,8 % entre 1994 et 1996), tandis que les effectifs de techniciens sont en décroissance importante (-1043, -9,8 %) pour la même période, poursuivant ainsi une réduction importante que l'on observe depuis une dizaine d'années. En revanche, les autres EPIC se trouvent dans une situation de stabilité. L'ADEME gagne en 1996 3 postes budgétaires, mais perd un agent (bilan après transformations de CDD en CDI). Le CSTB perd 6 postes subalternes, remplacés par 10 ingénieurs ou cadres administratifs, pour un bilan positif de 4 postes.

b) s'agissant de promotions :

Au CNRS, les promotions de grade sont passées de 265 en 1995 à 203 en 1996, les promotions de corps de 252 à 201 ; à l'INSERM, les chiffres correspondants sont de 70 et 15 en 1995, 40 et 19 en 1996, et le taux de promotions passe de 3,10 en 1995 à 1,62 en 1996. Quant à l'ORSTOM, il est ici aussi plus favorisé : en 1995, 19 promotions de grade mais aucune promotion de corps, en 1996 54 promotions de grade et 13 promotions de corps.

Sur ce plan des promotions ITA, les EPIC sont souvent plus discrets: le Bilan Social du CEA est muet et celui de l'ADEME n'est pas lisible, parce qu'il ne donne les chiffres qu'en pourcentage de la masse salariale ; en revanche, le CSTB indique que le nombre de ces promotions passe de 46 en 1995 à 63 en 1996.

²⁰ Les bilans sociaux des EPST : CNRS, INRA, INRIA, INSERM et ORSTOM (n'étaient pas disponibles CEMAGREF, INED et INRETS) ; ceux des EPIC : ADEME, BRGM, CEA, CIRAD, CNES, CSI, CSTB et ONERA (n'étaient pas disponibles ANVAR et IFREMER).

Chapitre 3

Se préparer à de nouveaux équilibres

Rapporteur : Jean-Claude LEHMANN

S'il est une discipline pour laquelle la prévision à moyen terme est relativement facile, c'est bien la démographie! Or, tout laisse à penser que les dix à quinze prochaines années vont se traduire, de ce point de vue par des flux importants de départs à la retraite, correspondant aux vagues importantes de recrutements faits dans les années 1960-1970. Il semble au CSRT que ce créneau de remplacement important des générations apporte une opportunité exceptionnelle de remise en cause d'un certain nombre de grands équilibres de la Recherche française.

En effet, en dehors d'une telle période, la très faible mobilité des personnels (*cf.* le chapitre 2 de ce rapport) rend extrêmement difficile tout redéploiement significatif, de quelque ordre que ce soit. D'ailleurs, les tensions que crée la quantité limitée d'emplois vacants chaque année, même si des créations viennent pallier le faible nombre d'emplois libérés, conduisent les instances de recrutement à remplacer peu ou prou à l'identique les populations de chercheurs faisant l'objet de renouvellement. En outre ces créations d'emplois, non accompagnés de moyens financiers, ont, au fil des années, entraîné dans certains organismes un déséquilibre important entre crédits de rémunération des personnels et crédits d'équipement et de fonctionnement des laboratoires.

N'ayant pu obtenir en 1997 les éléments d'information chiffrés qui devront

étayer notre réflexion, nous ne pouvons qu'esquisser dans ce premier rapport annuel de l'actuel Conseil ce que seront quelques pistes de réflexions en 1998 et 1999.

Quels sont donc ces « équilibres » qui nous semblent aujourd'hui devoir faire l'objet de réflexion ?

En premier lieu celui de la répartition des moyens des organismes de recherche entre frais de rémunération des personnels, frais de fonctionnement et d'équipement des laboratoires et dépenses liées aux Très Grands Equipements.

Parmi les quelques chiffres indicatifs dont nous disposons, il apparaît déjà que le CNRS, par exemple, consacre aujourd'hui plus de 80 % de son budget à la rémunération de ses personnels. Ce chiffre, pris isolément, n'est probablement pas compatible avec une bonne conduite des missions de cet organisme. Rappelons que dans un laboratoire de recherche « privé », qui a en principe la maîtrise de ses équilibres financiers à l'intérieur d'une enveloppe globale, on considère qu'au-delà de 60 % de frais de rémunération des personnels, on risque de mal utiliser le potentiel humain en place, alors que celui-ci est la richesse essentielle d'un laboratoire. Ces chiffres ne sauraient être considérés comme les seuls éléments d'une analyse, mais ils reflètent une réalité vécue: celle de l'insuffisance dans le

nombre de laboratoires des crédits de base nécessaires à une bonne conduite de la recherche.

Au-delà de cette simple « *mauvaise utilisation* » des ressources humaines, une telle situation comporte un certain nombre d'autres risques, dont le moindre n'est pas un certain découragement des chercheurs, parfois même des meilleurs dont quelques uns commencent à chercher de meilleures conditions de travail à l'étranger. Mais, ceci conduit également à la recherche systématique de moyens financiers complémentaires grâce à des contrats, soit avec des entreprises, soit dans le cadre de programmes incitatifs plus ou moins finalisés, régionaux, nationaux ou européens. Si un taux limité de recours à de tels financements est probablement souhaitable, que ce soit pour renforcer des axes prioritaires, pour orienter les recherches vers le partenariat entre recherche publique et entreprises, ou pour renforcer les liens entre laboratoires européens, il est clair qu'aujourd'hui la *nécessité* d'y avoir recours, souvent pour la presque totalité des crédits « normaux » des laboratoires, n'est absolument pas souhaitable. Et que dire lorsque des institutions étrangères viennent, pour des sommes considérées par elles comme dérisoires, s'assurer la collaboration de laboratoires de recherche français, trop heureux d'obtenir ainsi des moyens de recherche convenables sans que les conditions de garanties de la propriété intellectuelle, et de réciprocité ne soient totalement assurées (cette dernière remarque étant peut-être un peu caricaturale devra faire l'objet d'une analyse particulière). On peut penser qu'organisme par organisme cet équilibre entre rémunération des personnels et crédits de fonctionnement et d'équipement devrait être analysé, et que le cas

échéant un plan à moyen terme de révision de cette répartition soit défini et mis en oeuvre avec continuité.

Un second type d'équilibre mérite à notre avis de faire l'objet d'une analyse attentive : c'est celui qui existe entre les différentes disciplines de la recherche scientifique. En effet, lors de la période de forte croissance de la recherche française, un certain nombre d'équilibres ont été définis et atteints, entre les disciplines scientifiques telles qu'elles étaient considérées alors. L'équilibre actuel, malgré quelques rajustements opérés au cours des trente dernières années, reste marqué par cette période initiale. Le renouvellement pratiquement à l'identique des emplois, et la difficile mobilité thématique des chercheurs n'ont permis que des modifications à la marge. La science de cette fin du 20ème siècle, profondément marquée par des évolutions relativement récentes comme l'explosion des disciplines liées à la communication et aux sciences de la vie, comme la relation toujours plus forte entre science, technologie et société, rend peu probable le fait que les équilibres hérités du passé répondent au mieux aux exigences que l'on peut avoir vis-à-vis de la recherche actuelle. Un aspect particulier de cet équilibre est celui qui doit exister entre la recherche motivée *uniquement* par l'accroissement des connaissances, et celle ayant pour objet d'accroître nos connaissances *dans des domaines* ayant un intérêt économique ou social explicite (santé, agriculture, industrie, environnement, ...), lesquels ne se déclinent pas simplement selon les disciplines traditionnelles. Il convient d'ailleurs de lier cette analyse au rôle de formation que joue la recherche dans ces différents domaines, et à sa capacité à s'adapter aux besoins et aux perspectives de l'emploi.

Enfin, d'autres problèmes d'équilibres devraient être analysés: par exemple, le poids relatif, discipline par discipline, du rôle des organismes de recherche et de celui des Universités, souvent différents d'une discipline à l'autre (voir, par exemple, le poids très faible du CNRS en mathématique, alors qu'en physique il est beaucoup plus important ou le très faible volume des recherches en sciences humaines dans certaines institutions: INSERM, IFREMER, ...). Au-delà des comparaisons, il y aura lieu non seulement d'afficher la volonté d'identifier, pour les exploiter efficacement, les démarches de recherche interdisciplinaire, mais aussi de trouver les critères d'évaluation tenant compte de cette interdisciplinarité et du partenariat avec les « usagers des acquis de la Science ».

Ces quelques pistes d'analyse et de réflexion devront naturellement être complétées et analysées en détail. Peut-être peut-on rajouter, à ce stade, un dernier point qui ressort d'une approche un peu différente. Il s'agit de l'organisation de la recherche elle-même. Les entreprises, dont l'activité de recherche est en principe optimisée par rapport au besoin qu'elles en ont, tant à court terme qu'à moyen ou à long terme, ont depuis longtemps appris à faire évoluer leur système de recherche. Les consultants spécialisés parlent parfois d'organisation de la recherche de troisième, voire de quatrième génération ! Quel que soit le sens de cette classification, il n'en reste pas moins que, l'environnement au sein d'une entreprise ayant largement évolué depuis 30 ans, l'organisation de la recherche s'est complètement renouvelée au fil de ces années. Il est clair que la recherche publique est investie de missions sensiblement différentes de celles de la recherche des entreprises, et que de ce fait les logiques diffé-

rentes sont à mettre en oeuvre. Cependant, ne peut-on dire que l'environnement au sein duquel s'effectue la recherche publique, a également profondément évolué depuis 30 ans et que, bien qu'il s'agisse toujours pour elle de créer et de diffuser la connaissance scientifique, on pourrait penser que ses formes d'organisation et d'évaluation, qui ont peu changé, mériteraient que l'on s'y arrête un instant, afin de s'assurer qu'elles correspondent toujours à l'exercice, dans les meilleures conditions possibles, de ces missions. Bien que ce point rejoigne les réflexions des chapitres I et II, il nous semble qu'il peut également entrer dans le chapitre III car il est fortement dépendant de certains équilibres: entre les différentes sources de financement des laboratoires, entre les différents pouvoirs qui existent au sein de la communauté scientifique (Ministères et leurs Directions et Conseils, directions des organismes, instances d'évaluation et de recrutement, directions et conseils des laboratoires, Académie des sciences et CADAS, ...)...

Qui dit remise en question d'un certain nombre d'équilibres, voire de formes d'organisation, dit certainement consultation de l'ensemble des personnes concernées, notamment les personnels des laboratoires qui souvent mieux que quiconque sont sensibles tant aux dérives qu'entraîne pour eux une mauvaise répartition des moyens, qu'aux problèmes d'adaptation à l'environnement actuel qu'ils rencontrent lors de l'exercice de leurs missions. Il s'agit globalement de s'interroger sur les habitudes, sur les façons de penser la recherche et la technologie et sur les pratiques de l'évaluation de ses acquis comme de ses limites. Un champ révélateur des forces et faiblesses de nos méthodes d'évaluations est celui de l'environnement et plus généralement

de ce qui nécessite un réel rassemblement d'acteurs du monde scientifique, du secteur socio-économique et de la sphère politique qui ont à assumer en permanence et simultanément leur responsabilité commune. Ici comme dans d'autres domaines, plutôt que d'organiser un nouveau et énième colloque de la recherche française, ne pourrait-on pas s'imaginer mettre en oeuvre les moyens de communication dans leurs formes les plus modernes pour animer une réflexion en profondeur de la communauté scientifique: internet dont les chercheurs ont été les premiers utilisateurs importants, serait peut-être un moyen de faire circuler des questions clés, de stimuler la réflexion des chercheurs, puis de collecter et ana-

lyser ces réflexions. Une telle consultation nécessiterait une préparation soignée si l'on veut qu'elle soit un élément, probablement parmi d'autres, pour mieux cerner les véritables enjeux, les motivations des chercheurs, et tenter ainsi de se préparer au mieux à exploiter le créneau d'opportunité des 10 ans à venir afin de se donner les moyens de redéfinir en profondeur la recherche publique nationale. Le Conseil s'efforcera de préciser cette proposition lors de ses séances plénières de 1998.

DEUXIEME PARTIE

Notes de réflexion du Conseil

Chapitre 4

Notes de réflexion du Conseil

Ci-après, le premier ensemble de sept notes de réflexion, transmises au Ministre au cours du dernier trimestre 1997 ; d'autres sont en cours de rédaction et seront consignées dans le prochain rapport annuel du CSRT.

1. Recherche technologique de base

Sous ce vocable, on évoque en général une recherche fondamentale, dont les thèmes sont inspirés par des objets industriels. A titre simplement d'exemple, derrière une meule industrielle se posent de nombreux problèmes de connaissances fondamentales: cristallographie des grains abrasifs, comportement d'un composite à trois phases (grains, liant et porosité), interaction de ce composite avec une surface (mécanique, chimique, thermique... de l'interaction), physico-chimie du mécanisme d'abrasion et de polissage... A la clé de cette compréhension se trouvent des progrès potentiels considérables intéressant une grande partie de l'industrie manufacturière.

Dans la plupart des pays anglo-saxons il existe des laboratoires de recherche spécialisés dans ce type d'approche, qui rassemblent l'ensemble des compétences nécessaires, définissent leurs programmes en fonction d'objectifs s'inspirant largement des grands enjeux industriels et bénéficient de financement en partie public, en partie privé. On peut citer les départements de recherche technologique des grandes Universités américaines, les Instituts Fraunhofer allemands, le TNO hollandais...

La France ne possède pas de tels laboratoires, hormis dans certains domaines pour

lesquels existent des organismes ou laboratoires spécifiques (INRA, IFREMER...) ou des laboratoires ayant déjà intégré cette approche (comme en électronique avec le LETI, en robotique...). Par ailleurs, les centres techniques ne jouent pas réellement ce rôle, n'étant le plus souvent pas structuré pour faire de la recherche fondamentale. De ce fait une large fraction de l'industrie française ne trouve pas, au sein de la recherche publique française, la connaissance fondamentale des objets qu'elle développe et produit. Pourtant de nombreuses compétences existent dans les laboratoires des Universités ou du CNRS, mais dont la structure par discipline ne favorise pas des choix de thèmes de recherche orientés vers des « objets », leur rôle consistant le plus souvent à accumuler des connaissances discipline par discipline. Cependant, on rencontre de plus en plus d'intérêt de la part des chercheurs ou des Directeurs de laboratoires pour associer leurs compétences et esquisser une démarche vers des « *projets orientés objet* ».

On pourrait donc proposer à des groupes de laboratoires de disciplines différentes de regrouper une partie de leurs activités autour d'une telle problématique en se dotant des moyens, d'une part d'accéder à une véritable connaissance des enjeux indus-

triels, d'autre part de définir et de financer en fonction de cela les programmes de recherche fondamentale qui semblent les plus intéressants. Nul doute que les entreprises auront à cœur de marquer leur intérêt, à la fois par la participation à la définition de la problématique et du programme de recherche, et par la mise en place de contrats de coopération. En quelque sorte des Instituts Franhofer sans murs.

Ceux-ci pourraient d'ailleurs bénéficier de l'expérience des structures déjà existantes telles que les CRUT et devraient largement concerner les écoles d'Ingénieurs, dont la recherche devrait largement suivre ce type d'orientation.

2. Intéressement des chercheurs à la valorisation des résultats de leurs recherches

Sans entrer dans les détails des textes précédents, des textes en instance, ou du rapport de la Cour des Comptes qui aborde ce problème, nous proposons un principe de base qui pourrait être l'objet de futurs réflexions et textes dans ce domaine.

Dans le processus qui conduit à la mise sur le marché par une entreprise d'un produit intégrant une ou plusieurs innovations technologiques, d'assez nombreuses étapes se succèdent, le plus souvent d'une façon complexe et non linéaire.

On peut cependant distinguer un certain nombre de « points de passage » :

- * Le travail de *recherche fondamentale*. Celui-ci est naturellement du ressort de la recherche publique, dont c'est la mission essentielle.

- *

- * La *protection intellectuelle et industrielle*. Elle se traduit le plus souvent par une prise de brevet. Celle-ci doit reconnaître la personnalité des inventeurs, mais en même temps donner un maximum de chances à l'invention d'être exploitée le plus rapidement possible.

- * Le travail de *Développement* des produits ou des procédés susceptibles de bénéficier de l'innovation. Cette phase conduit à sélectionner les seules innovations susceptibles d'atteindre le marché, et requiert un très important travail, en interaction entre la recherche appliquée, le plus souvent faite par l'entreprise, et la recherche fondamen-

tales. Des brevets complémentaires sont souvent pris lors de cette phase de Développement.

- * Enfin, la phase d'*industrialisation* proprement dite, sous la seule responsabilité de l'entreprise, qui assure les investissements de production et l'accompagnement de l'arrivée du produit sur le marché.

Chacune de ces phases est importante mais celle qui apparaît la plus cruciale pour la réussite d'une innovation est probablement celle désignée ci-dessus sous le terme de « **développement** ». C'est d'ailleurs à ce stade que l'interaction entre le monde de l'entreprise et celui de la recherche est la plus importante, au point de conditionner le succès final.

En outre, c'est à ce stade de « passage à l'acte » que le chercheur, ou l'équipe de recherche du secteur public, peut être amené à sortir de sa mission initiale de recherche fondamentale, pour s'impliquer personnellement en vue d'une véritable valorisation de ses travaux. Cette implication peut aller jusqu'au détachement de longue durée d'un ou de plusieurs personnels de recherche au sein d'une entreprise.

Notre proposition serait donc que, dans l'approche du problème de l'intéressement des chercheurs aux résultats de leur recherche, on privilégie ce « *passage à l'acte* », en associant, par exemple, un intéressement limité au moment de la prise de brevet initial, soit sous forme de prime versée par

l'industriel intéressé, soit sous forme de droit limité à d'éventuelles royalties, mais complété par des possibilités d'intéressement plus importantes (déplafonnées, par exemple) dès le moment où il apparaît que le chercheur, ou l'équipe de recherche, a participé activement à la phase de développement de son innovation, soit en acceptant un détachement dans une entreprise, soit

mieux encore en participant à la création d'une entreprise, ou selon tout autre moyen qui pourrait être défini en accord avec l'organisme de recherche concerné... et surtout reconnu par les instances d'évaluation.

3. Applications civiles des progrès scientifiques attendus à partir de lasers de grande énergie (projet Mégajoule) et de très haute puissance (lasers compressés)

Au-delà des questions d'éthique, d'économies et de politique, y compris de celle, légitime, du secret défense et qu'il faut maintenir, il y a matière, estime le Conseil, à réfléchir aux applications scientifiques de certaines installations militaires, de leur possibles retombées civiles; en particulier lorsque la recherche civile ne dispose pas de moyens financiers suffisants pour investir dans des infrastructures semblables.

Pour que de telles études scientifiques aient lieu, il faut, bien entendu, que les installations soient ouvertes à la communauté scientifique française, voire européenne, aux industriels, sous réserve toujours des dispositions du secret défense et des règles conservatoires qui limitent la diffusion à l'étranger des équipements, des cessions de technologies et que les règles de fonctionnement et de collaboration conduisent à des décisions prises sur une base paritaire.

A contrario, il importe que l'on envisage aussi une utilisation croissante des technologies civiles par les armées, notamment celles de l'industrie électronique, et, par conséquent, la recherche amont. Dans le domaine de l'électronique, en effet, nous assistons à un grand bouleversement dans les rapports entre le militaire et le civil. Pour des raisons de coût, le civil aujourd'hui l'emporte sur le militaire au niveau de la production. Il convient d'en prendre date, sans pour autant empiéter sur les prérogatives des besoins de la défense nationale.

Dans un contexte de décroissance des budgets de défense dans l'ensemble du monde, les contingences dues aux nécessités budgétaires immédiates font porter les réductions beaucoup plus sur le secteur militaire que civil.

Aussi, d'une manière générale se trouve posé le problème de la conversion (ou de la reconversion) d'activité, et des femmes et des hommes qui jusqu'à présent exerçaient leur profession dans la production ou la recherche militaire. L'arrêt des essais nucléaires fournit un bon exemple. Le Conseil pense qu'une analyse des « 100 technologies-clés pour l'industrie française » et/ou des résultats de l'enquête Delphi, produits respectivement par les ministères chargés de l'industrie et de la recherche devrait pouvoir constituer non seulement une base de travail efficace permettant d'identifier de nouveaux axes de travail et de possibles pistes de reconversion mais aussi ouvrir la voie à une politique d'actions volontaristes de transfert de technologies cessibles entre le secteur militaire et l'industrie civile, nécessaires, nous semble-t-il, à la compétitivité économique du pays.

Sans dresser ici de façon exhaustive toutes les potentialités de recherche des équipements militaires pouvant être ouverts à la communauté scientifique, nous pouvons illustrer notre propos par le seul projet Mégajoule, qui sera, à terme, une machine de physique de tout premier plan. Outre les recherches pour une nouvelle source

d'énergie, la fusion par confinement inertiel, voici une liste d'applications scientifiques qu'il serait possible d'envisager autour de la LIL et du LMJ.

Nous rappelons que le calendrier prévisionnel du programme Mégajoule, étagé sur une quinzaine d'années, comporte les phases suivantes :

- * 1996: le lancement d'une Ligne d'Intégration Laser (LIL), étape intermédiaire qui met en oeuvre 8 faisceaux laser;
- * 1997 : livraison du bâtiment LIL, puis essais;
- * 1998 : définition complète du Laser Mégajoules (LMJ) dans une configuration qui comprendra à terme 240 faisceaux laser;
- * 1999 : lancement du bâtiment LMJ ;
- * 2006 : premières expériences 600 kj ;
- * 2010 : premières expériences à 2 Mj ;
- * 2012 : premières expériences de combustion Deutérium/Tritium (DT).

Ci-contre: champs possible ->

Par rapport aux installations actuelles, les futurs grands lasers permettront de porter la matière à des densités et des températures plus élevées (plasmas), sur de plus grands volumes. La gamme des plasmas obtenue ouvre les champs de recherches suivants :

HAUTES DENSITES D'ENERGIE

Propriétés électroniques et radiatives de la matière :

LA VASTE GAMME DE DENSITE ET DE TEMPERATURE DES PLASMA QUI SERONT PRODUITS PAR LE LMJ PERMET D'ETENDRE L'ETUDE EXPERIMENTALE DE LA MATIERE DANS DES CONDITIONS ENCORE INEXPLOREES. DE HAUTES DENSITES MODIFIENT L'AGENCEMENT DU CORTEGE ELECTRONIQUE DES IONS, ABAISSENT LES SEUILS D'IONISATION, ET INFLUENT SUR LES INTERACTIONS ENTRE LES ELECTRONS LIES AUX IONS ET LES ELECTRONS LIBRES. LA MODELISATION DES PROPRIETES OPTIQUES DES PLASMAS REPOSE SUR LA CONNAISSANCE DE CES PROPRIETES.

Hydrodynamique en conditions extrêmes et Équations d'État:

GENERATION D'ECOULEMENTS HYDRODYNAMIQUES EN REGIME DE DENSITE ET DE TEMPERATURE TRES ELEVEES, INATTEIGNABLES AVEC LES MOYENS CONVENTIONNELS, SUR DE GRANDES ECHELLES SPATIALES ET TEMPORELLES. ÉTUDE DE LA TRANSITION VERS LA TURBULENCE SOUS L'EFFET DE DIVERSES INSTABILITES. TESTS DES OUTILS DE SIMULATION EN HYDRODYNAMIQUE (ICF, ASTROPHYSIQUE ...).

ACQUISITION DE DONNEES EXPERIMENTALES SUR LE COMPORTEMENT DE LA MATIERE DANS LA GAMME DE PRESSION 1 MEGABAR - 1 GIGABAR, ET COMPARAISON AUX MODELES THEORIQUES. CES EXPERIENCES REPOSENT SUR LA COMPARAISON DE LA PROPAGATION DE DEUX ONDES DE CHOC DANS DEUX MILIEUX DONT L'UN SERT DE REFERENCE.

APPLICATIONS A LA THEORIE DE LA STRUCTURE DES PLANETES GEANTES ET DES NAINES BLANCHES.

ÉTUDE DE L'ENDOMMAGEMENT ET DES PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX (METAUX, ALLIAGES, CERAMIQUES) SOUS DES IMPACTS A GRANDES VITESSES.

Physique Nucléaire :

PEUPELEMENT ET DEPEUPELEMENT PAR INTERACTION LASER D'ETATS NUCLEAIRES DE LONGUE DUREE DE VIE :

ÉTUDE DES CAPACITES DE STOCKAGE ET DE RESTITUTION DE QUANTITES ELEVEES D'ENERGIE, APORTEES PAR UN LASER, PAR DES NOYAUX POSSEDANT UN ETAT D'EXCITATION DE LONGUE DUREE DE VIE. ÉTAPE VERS LA REALISATION DE LASERS A RAYONNEMENT G.

MESURES DE TAUX DE REACTIONS THERMONUCLEAIRES A TRES BASSES ENERGIES :

UTILISATION DES PLASMAS THERMONUCLEAIRES PRODUITS PAR LASER POUR MESURER LES TAUX DE REACTIONS NUCLEAIRES DIFFICILEMENT ACCESSIBLES PAR LES MOYENS CONVENTIONNELS, SE DEROLANT AU COURS DU BIG BANG ET DANS LES ETOILES. ANALYSE *IN SITU* DES MODIFICATIONS APORTEES A CES TAUX PAR LES PHENOMENES DE CORRELATION DANS LES PLASMAS DENSES.

EXPLOITATION DE L'INTENSE PRODUCTION DE NEUTRONS.

LES CAPTURES RAPIDES ET SUCCESSIVES DE NEUTRONS PAR DES NOYAUX PRODUISENT DES NOYAUX TRES INSTABLES, IMPORTANTS POUR LA COMPREHENSION DE LA STRUCTURE NUCLEAIRE. CE MECANISME, OPERANT DANS LES SUPERNOVAE. EST RESPONSABLE DE LA PRODUCTION DE LA MAJEURE PARTIE DES ELEMENTS LOURDS DE LA NATURE.

Astrophysique :

INTERIEURS STELLAIRES. NUCLEOSYNTHESE, HYDRO-DYNAMIQUE, INTERACTIONS DE LA MATIERE AVEC LE RAYONNEMENT :

L'ETUDE EXPERIMENTALE DIRECTE DES PROPRIETES DE PLASMAS IDENTIQUES A CEUX DES INTERIEURS STELLAIRES (RELATION TEMPERATURE DENSITE, ETAT D'IONISATION, OPACITE AU RAYONNEMENT ...) EST AU FONDAMENT DE LA THEORIE DE L'EVOLUTION STELLAIRE ET DE L'INTERPRETATION DES EXPERIENCES SPATIALES DEDIEES A L'ETUDE DU SOLEIL ET DES ETOILES.

ÉTUDE EXPERIMENTALE, PAR L'INTERMEDIAIRES DE LOIS D'ECHELLES, DE L'EXPLOSION DES ETOILES MASSIVES ET DES INSTABILITES AFFECTANT L'EVOLUTION HYDRODYNAMIQUE DE LA MATIERE EJECTEE.

ÉVOLUTION DU GAZ INTERSTELLAIRE SOUMIS AU RAYONNEMENT D'ETOILES IONISANTES, ET AU VOISINAGE D'ETOILES A NEUTRONS ET DE TROUS NOIRS.

HAUTES INTENSITES ET IMPULSIONS BREVES

Effets relativistes électroniques, génération de champs magnétiques ultra intenses:

AUTOFOCALISATION:

DES IMPULSIONS LASER BREVES ET INTENSES CREENT DANS UN PLASMA L'EQUIVALENT D'UNE FIBRE OPTIQUE CAPABLE DE CONDUIRE SUR DE GRANDES DISTANCES UN FAISCEAU LASER D'UN DIAMETRE DE L'ORDRE DU MICRON.

ACCELERATION DE PARTICULES CHARGES :

LE CHAMP ELECTRIQUE INTENSE D'UNE ONDE LASER PEUT DANS CERTAINES CONDITIONS ACCELERER DES ELECTRONS OU DES IONS A DES ENERGIES TRES SUPERIEURES A LEUR ENERGIE THERMIQUE (ACTUELLEMENT > 1 MEV). LE MOUVEMENT COHERENT DES ELECTRONS RELATIVISTES PEUT PRODUIRE DES CHAMPS MAGNETIQUES DE PLUS DE 10 000 TESLA.

LA GENERATION D'HARMONIQUES D'ORDRES ELEVES DE LA FREQUENCE LASER PEUT CONDUIRE A LA CONCEPTION DE SOURCES COHERENTES DE RAYONNEMENT X.

Physique atomique et spectroscopie de la matière très éloignée de l'équilibre :

LES CHAMPS ELECTRIQUES QUE L'ON PEUT ATTEINDRE SONT SUPERIEURS AU CHAMP QUI LIE LES ELECTRONS AUX NOYAUX. L'ETUDE DES ETATS TRANSITOIRES QUE L'ON PEUT PRODUIRE AINSI PERMETTRA UNE MEILLEURE COMPREHENSION DES MECANISMES D'ABSORPTION DE L'ENERGIE, D'EXCITATION ET DE RELAXATION ELECTRONIQUE, APPLIQUEE NOTAMMENT A LA MAITRISE DES PARAMETRES LASERS APPROPRIES A DE NOUVEAUX SCHEMAS DE LASERS EN RAYONNEMENT X, NECESSAIRES AU DIAGNOSTIC DES PROPRIETES DE LA MATIERE DENSE.

Concept d'allumage rapide des réactions de fusion contrôlée :

L'ENSEMBLE DE CES ETUDES PERMETTRA D'ETUDIER LE PROCESSUS DE DEPOT D'ENERGIE PAR DES ELECTRONS SUPRATHERMIQUES, PENETRANT, PARCE QU'ILS SONT RELATIVISTES, AU COEUR D'UN PLASMA DEUTERIUM-TRITIUM EN COMPRESSION.

4. Incitations à l'innovation dans les PME-PMI.

Un constat de l'état de la recherche scientifique et de l'innovation technologique en France montre que si la recherche est riche de résultats scientifiques fondamentaux de grande valeur, ceux-ci sont difficilement développés et transférés vers les secteurs productifs et socio-économiques.

Il existe actuellement de nombreux projets pour remédier à cet état de fait. La plupart consistent en l'incitation des organismes publics de recherche et de leur personnels à mieux s'impliquer dans les recherches de développement et d'innovation technologique.

Si cette transformation des résultats scientifiques en innovation technologique est relativement plus aisée dans les grandes entreprises, ils se révèle particulièrement difficile dans les PME-PMI qui constituent une part très importante du tissu économique français. On sait, cependant, que les PME-PMI innovantes sont souvent génératrices d'emplois durables. D'autre part, le transfert et l'innovation technologiques sont souvent autant et même plus une affaire de volonté humaine qu'une affaire d'investissement financier. Il importe donc que les chercheurs disposés à y participer trouvent en face d'eux des entrepreneurs motivés pour un effort commun de développement d'une innovation. Ce sont certains des EPST très spécialisés, tel l'INRA, par exemple, qui y parviennent le plus facilement, car très souvent leurs moyens

expérimentaux sont assez proches des moyens de production du domaine économique concerné. Le développement des résultats de la recherche peut ainsi se faire en liaison étroite avec les utilisateurs potentiels.

L'autre face de l'innovation consiste donc à y inciter également les **PME-PMI**. *Les incitations purement financières ou fiscales que l'on pourra consentir pour cela aux entreprises risquent d'être globalement vouées à l'échec, comme l'ont été jusqu'à présent les incitations fiscales à la création d'emplois.* Il faudra, par conséquent, les accompagner d'un effort particulier en direction des personnes elles-mêmes, dirigeants et exécutants, pour les persuader de l'importance de l'innovation, tant pour l'emploi que pour le devenir même de leurs entreprises. Cet effort didactique doit tout particulièrement chercher à convaincre les interlocuteurs industriels, d'une part de la nécessité pour l'économie nationale de plus et mieux utiliser les résultats de la Recherche publique, d'autre part que l'effort d'innovation qu'ils sont disposés à consentir ne pourra être pleinement efficace, y compris pour eux-mêmes, que s'il s'appuie sur ces mêmes résultats, et non sur des développements technologiques déjà éprouvés à l'extérieur, ce qui en limiterait les perspectives d'exportation.

Les clubs CRIN, les associations ECRIN ou similaires, les CRITT, peuvent être les lieux d'une telle incitation, parce qu'ils met-

tent en relation les acteurs de ce transfert. Ils présentent, en outre, ***l'intérêt de mettre les jeunes chercheurs au contact de leurs collègues, ingénieurs de l'industrie, plus exercés aux problèmes posés quotidiennement ou à court terme par le développement technologique.***

Mais, dans beaucoup de cas, cette incitation implique une mise en forme des résultats de la recherche, souvent peu propres, dans l'état, à une industrialisation rapide. Cette mise en forme ne peut pas se faire sans une expérimentation de développement pour laquelle les PME-PMI n'ont que rarement les moyens nécessaires. Les Centres Techniques pourraient en être les instruments, mais leurs objectifs, qui sont ceux de l'ensemble d'une profession, impliquent souvent un mode de fonctionnement peu favorable aux PME-PMI.

Les CRITT peuvent devenir ces instruments, si on leur procure les moyens nécessaires à la réalisation et à l'équipement des plates-formes techniques où pourront se retrouver, selon des formules de partenariat, chercheurs et industriels concernés par un projet commun de développement technologique. Leur finalité et leurs implantations régionales les mettent à même de rapprocher les PME-PMI d'une source scientifique plus proche d'elles.

En résumé, l'incitation des **PME-PMI** à l'innovation doit s'appuyer:

- * sur ***le rapprochement des chercheurs et des ingénieurs*** dans les structures existantes qu'il faut multiplier de développer cette fin, CRIN, CRITT,
- * sur la création ou l'extension de plates-formes techniques permettant, en partenariat, l'indispensable recherche de développement qui manque actuellement, sous l'égide des CRITT et de Centres Techniques rénovés.

5. Evolution des équipements de laboratoires de recherche en Sciences de la vie

Dans le domaine des investissements de recherche, il était habituel d'opposer les sciences expérimentales de la matière, nécessitant des machines coûteuses, aux sciences humaines tributaires surtout de la documentation. Les sciences biologiques se trouvaient en général à mi-chemin pour ce qui concerne le coût des investissements matériels.

Les cinquante dernières années ont vu un glissement dans ce domaine, les sciences de la vie et leurs applications médicales impliquant de plus en plus de structures complexes et coûteuses.

Ces structures complexes sont actuellement indispensables, par exemple en bactériologie, virologie immunologie (laboratoires de très haute protection), en chimie (séquenceurs et analyseurs de haute définition de la structure de la matière), en pathologie expérimentale (animaleries d'animaux rares ou au génome transformé), en imagerie médicale (caméras à positons, IRM fonctionnelle, magnéto-encéphalographie).

Une structure est coûteuse du fait de l'investissement qu'elle implique mais surtout en raison des besoins permanents en fluides, en entretien, en produits consommables. En outre, ces installations exigent un personnel hautement spécialisé, se consacrant entièrement à la bonne marche et à la mise à niveau permanente, indépendamment de toute recherche novatrice propre.

A partir de quand peut-on parler d'équipement lourd en sciences de la vie ? On peut fixer entre 50 et 100 MF les investisse-

ments qui génèrent des dépenses annuelles d'entretien de l'ordre de 5 à 10 MF. Ces sommes, bien que non comparables aux besoins d'équipement de physique, restent importantes. **Il paraît justifié de faire apparaître la notion de « Grand Instrument de Biologie ».**

Evidemment, des installations de ce type ne peuvent être réservées à une seule équipe mais si la mise en commun est bien acceptée lorsqu'il s'agit de coopération scientifique, elle devient beaucoup plus difficile lorsqu'une contribution financière, souvent lourde, est sollicitée. Les services communs peuvent vivre du paiement à l'acte mais le caractère irrégulier et aléatoire de ces apports handicape le fonctionnement. Il faut donc que ces installations obtiennent un soutien financier récurrent, couvrant les frais de base.

Les EPST, qui apportent souvent une large partie du personnel, ont des difficultés à injecter dans une structure commune des sommes importantes d'autant plus que souvent plusieurs instituts de recherche sont concernées par la même installation.

En outre, les collectivités régionales ou territoriales qui ont compris l'importance de tels équipements assurent souvent une large partie de l'investissement mais dans l'ensemble, se refusent à assurer le financement récurrent qui incombe donc finalement aux établissements de recherche nationaux. Par conséquent, la création de tels équipements mérite une réflexion nationale et une coordination sur la totalité du territoire.

En conclusion, il apparaît souhaitable qu'un dispositif national piloté par les Ministères de tutelle, harmonise les décisions d'installation et assure directement le financement récurrent des par **Grands Instruments de Biologie** utilisé diverses institu-

tions chargées de la recherche fondamentale ou clinique dans les sciences de la vie.

6. Mise en place d'une procédure de soutien global à la création de produits innovants destinés à des marchés en émergence.

CONSTAT

L'innovation est aujourd'hui un moteur essentiel du développement économique, notamment **l'innovation technologique** qui génère les **produits high tech** qu'appellent désormais les marchés.

Il semble, malheureusement, qu'en ce domaine l'Europe (et tout particulièrement la France) présente un **large déficit**, maintes fois rapporté et souligné dans le "*Livre Vert sur l'Innovation*" publié par la Commission européenne (DGXII, 1995).

Les développements qui fondent ce constat, tout comme les blocages qui en sont les causes, ont été abondamment exposés dans de multiples rapports et comptes rendus, sans que l'on puisse se targuer de beaucoup de résultats tangibles. *A contrario*, la démonstration nous semble faite que la Puisse publique a tout intérêt à engager sans tarder **une action structurante dépassant la prise de quelques mesures ponctuelles**.

Rappelons que le **processus d'innovation** se présente schématiquement sous deux formes principales :

- **l'innovation d'amélioration (ou incrémentale)** qui apporte des perfectionnements nouveaux à des produits existants, les rendant ainsi plus attractifs sur un marché qu'ils ont déjà pénétré ;
- **l'innovation de rupture (ou radicale)** qui projette sur un marché encore inexploré un

produit totalement novateur, capable de développements futurs considérables.

Dans le premier cas, *l'innovation incrémentale*, l'observation de la situation actuelle montre que le déficit tant européen que français n'est pas particulièrement marqué, même s'il doit encore être réduit. En effet, un effort de rattrapage important a été mis en place au cours des décennies passées et un arsenal de mesures européennes (Eurêka et le Programme-cadre de RDT de l'Union européenne) et nationales (aide à l'innovation ANVAR notamment) soutiennent les initiatives en ce domaine. De même, il existe désormais des structures financières (Venture Capital, entre autres) prêtes à investir sur ce créneau, c'est-à-dire sur un marché connu et identifié pour des produits déjà vendus dans leur forme actuelle.

Par contre, dans le deuxième cas, qui concerne la création de *produits high tech réellement novateurs*, **le déficit est maximal notamment en France** où, selon un classement OCDE de 1996, alors que nous étions au 4^{ème} rang mondial pour la qualité de notre recherche, nous n'occuperions que le 22^{ème} rang pour notre capacité à traduire les résultats de cette recherche en produits high tech nouveaux.

Cette situation catastrophique ne s'explique-t-elle pas tout simplement par **la totale inadaptation de notre environnement industriel et financier** à la prise en compte **des trois exigences spécifiques** qu'implique un tel processus créatif tout au long de son déroulement ?

Ce sont :

a) faible création de petites unités souples seules susceptibles de **faire émerger** les innovations de rupture, susceptibles de répondre à des marchés en devenir (PME de Technologie, voire TPE, le plus souvent en position de "start-up") ;

b) absence de moyens économiques pour procéder **au développement et à la mise en forme**, souvent longs, du produit (pas de vente de produit à ce stade, quasi-inexistence de contrat public d'aide, notamment par l'ANVAR, absence de fonds propres suite au désintérêt des investisseurs pour une telle étape «amont») ;

c) enfin, indifférences (au mieux) des grands opérateurs positionnés sur les marchés pour, lors de l'aboutissement des produits, participer à leur **insertion commerciale**.

CONCLUSION

Face à une situation difficile de promotion efficace et effective de produits innovants à fort contenu technologique, il faudrait en toute logique que le ministre en charge, entre autres, de la technologie, mette en place un **programme de soutien global**, faute de quoi toute intervention, sur un seul des segments (ainsi qu'il est quelquefois fait), ne peut évidemment conduire qu'à un échec, *in fine* encore plus destructeur qu'une absence d'intervention!

L'objet détaillé de ce programme, ainsi que la définition de sa structure de management et le choix de ses organismes de tutelle pourront être envisagés dès lors qu'un **accord de principe** sur la mise en place d'un tel programme serait acquis.

PROPOSITION

Mettre en place au plus tôt une action structurante susceptible de corriger notre déficience actuelle dans la promotion des produits nouveaux à fort contenu technologique afin de reprendre un rang plus digne de nos possibilités nous permettant de réintégrer le peloton de tête des économies modernes et dynamiques.

Dans cette perspective est proposé que le ministre chargé de la technologie **instaure une procédure à l'instar du programme américain SBIR*** (Small Business Innovation Research) créé en 1982, pour non seulement encourager et soutenir chacune des trois étapes essentielles du processus créatif (émergence du produit, développement et industrialisation, pénétration du marché) mais aussi et surtout pour les coordonner dans une **vision globale** de l'opération avec une **architecturation d'ensemble** qui devra se préoccuper de l'enchaînement efficace et harmonieux des trois étapes - et ce pour éviter, par exemple, la tendance prédatrice (qui ne peut que s'accroître face à l'âpreté de la concurrence internationale) des grandes entreprises industrielles françaises :

1° encouragement à la **création de PME de Technologie**;

2° **développement et industrialisation** par le biais de **partenariats** notamment avec des PME traditionnelles capables d'associer aux technologies innovantes, des technologies éprouvées permettant de répondre aux impératifs industriels, fiabilité notamment ;

3° **insertion sur le marché** par le biais d'**accords de coopération** avec les grands opérateurs déjà présents.

Enfin, une telle procédure exige l'organisation et la mise en place d'une **structure de pilotage**, qui soit non seulement capable d'asseoir les tâches précédentes, mais habilitée à aller chercher et à mettre en place les moyens matériels nécessaires à la conduite du programme (moyens financiers, certes) et dotée de même de la capacité d'organisation interprofessionnelle et d'intermédiation entre « grands » et « petits »). Une telle structure qui devra être concertée avec les représentants des organismes aptes à assumer la tutelle d'une telle opération et

relève évidemment aussi du domaine des pouvoirs publics.

* Appelé à être renforcé, selon les récentes déclarations du Vice-Président Al GORE, par infléchissement du programme fédéral ATP (Advanced Technology Program), donc davantage encore en faveur des PME /PMI américains.

7. Ethique et déontologie personnelle du scientifique

Le rôle du scientifique dans la société est à la fois banalisé, idéalisé et diabolisé. *Banalisé* parce que la science est devenue un objet de consommation courante, via la technologie et l'intérêt des médias. *Idéalisé*, car le mythe de la science comme réponse adaptée aux besoins actuels et futurs de la Société reste vivant; c'est encore l'idéologie dominante véhiculée dans la presse. *Diabolisé* du fait de l'existence d'un autre mythe, celui de la Science allant contre la Nature; ceci apparaît plus fréquemment dans les commentaires terminaux des médias et dans les réflexions de l'Homme de la rue. On peut rattacher à ce courant la tendance au recours au « pseudosciences » pour régler les problèmes personnels ou de Société; elle correspond à l'usage de pratiques magiques en l'absence de réponses claires ou compréhensibles de la Science. *Ces attitudes sont la preuve d'une réelle demande de la Société au monde scientifique.*

La réponse du scientifique à la demande de la société pose plusieurs types de problèmes :

- * De façon directe ou indirecte le scientifique transmet de l'information au Public mais ceci se fait hors du contrôle de la communauté scientifique et devant des auditoires qui n'ont pas la formation requise pour la critique. Cette transmission à risque va s'intensifier avec les moyens nouveaux de communication et d'information.

- * Les rapports entre la Science et l'industrie, indispensables pour les deux parties, peuvent être vécus par le public comme une perte d'intégrité.
- * Des interrogations, des publications hâtives et des scandales - essentiellement dans le domaine de la protection de la santé - sont ainsi venus brouiller l'image de l'Homme de science.
- * Le scientifique apparaît aussi sur la scène médiatique dans des circonstances qui sont à la limite de sa compétence ; c'est une généralisation induite de son statut de « celui qui sait ».
- * Les possibilités techniques de la science permettent au scientifique d'atteindre les frontières mêmes de ce qui est l'essence de la Nature, du Vivant, de l'Être Humain, ceci peut conduire le scientifique à envisager ou à réaliser des expérimentations que la Société réprouverait.

Une solution peut être la reconnaissance par le scientifique de sa responsabilité et son *adhésion à des règles de morale explicites*. Malheureusement, l'éthique scientifique est mal définie, considérée comme incluse dans le statut social de chercheur mais floue et adaptée par chacun. Son *enseignement* aux jeunes chercheurs est considéré comme superfétatoire.

A l'étranger des « Codes d'Éthique scientifique » sont publiés régulièrement par les

Sociétés Savantes (exemple : Code Européen des Biotechnologies).

En France, la Société Française de Microbiologie a fait ratifier son Code d'Éthique par ses 2 800 membres. Il existe, bien sûr, des réflexions sur l'Éthique Scientifique tant au Comité National d'Éthique que dans d'autres structures mais cette notion d'Éthique personnelle du chercheur n'est pas traitée actuellement par les comités *ad hoc* ou par le législateur sauf sur des cas ponctuels.

Une retombée supplémentaire d'une définition, d'une reconnaissance large et d'un enseignement de la morale scientifique est qu'elle est la base même de l'assurance-qualité en recherche et en technologie.

Afin que la prise en compte de la dimension éthique dans la Science et la Technologie permette une meilleure lisibilité du rôle

du scientifique dans la Société, on peut donc raisonnablement proposer :

- * Que **l'éthique personnelle du scientifique** soit plus **clairement définie, enseignée et explicitement admise** par la communauté scientifique comme fondement de la Recherche (tant fondamentale qu'appliquée).
- * Que le **statut des chercheurs** fasse explicitement mention à l'éthique personnelle (code de déontologie).
- * Que les **Sociétés Savantes** françaises, comme leurs homologues anglo-saxonnes, puissent être encouragées à prendre une part des responsabilités dans cette action.

TROISIEME PARTIE

Avis et positions du Conseil

Chapitre 5

Avis du Conseil

L'avis du Conseil est requis statutairement sur certaines questions mais il **peut** également lui être demandé des avis, à la discrétion du ministre, sur d'autres questions, telles que les « *projets de réforme concernant l'organisation de la recherche* »; enfin reste un champ d'autosaisine et de proposition, dans la limite des compétences du Conseil. Les différentes rubriques, explicitées dans le décret d'organisation, figurent en annexe au rapport, aux « termes de référence », ci-après, page 138.

Un cas particulier s'est toutefois présenté en 1997, du fait du non-renouvellement du conseil des très grands équipements scientifiques. Le CSRT, après avoir examiné deux dossiers-témoins « SOLEIL » (séance du 2 juillet 1997) et la Flotte océanographique (séance du 9 septembre 1997), s'est concerté avec la direction générale de la recherche et de la technologie (DGRT) quant à une méthodologie applicable par la suite. Celle-ci figure plus loin, p.81, en introduction à l'avis rendu sur la Flotte, après les deux avis statutaires rendus, respectivement, sur le projet de budget (BCRD) pour 1998 et sur le Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC).

Avis ¹
sur le projet de
Budget Civil de la Recherche et
du Développement technologique (BCRD)
pour 1998

(rendu en séance plénière le 10 octobre 1997)

Cette fin de siècle est marquée par une accélération du progrès scientifique, par le foisonnement des voies ouvertes et par des interactions toujours plus nombreuses entre les disciplines scientifiques, entre les recherches découlant du dynamisme propre à la science et celles ayant une finalité industrielle ou sociale. De la santé à l'économie, de l'industrie à l'environnement, du cadre de vie aux besoins du tiers-monde, la recherche pénètre toujours plus les diverses activités des pays. Elle conditionne leur niveau culturel, scientifique et technologique ; elle engage leur avenir.

Si, dans bien des domaines, la recherche a pris une dimension internationale, la possibilité pour chaque pays de participer aux progrès effectués dans le monde, de pouvoir comprendre, assimiler et utiliser les recherches des autres pays est précisément liée à son propre effort de recherche, au nombre et à la qualité de ses chercheurs et ingénieurs,

au dynamisme de ses entreprises et de ses laboratoires qui seront capables de participer à ce processus.

Le BCRD doit contribuer, puisque conçu comme l'instrument de la cohérence de la politique nationale de Recherche et du Développement Technologique, à cet élan de la recherche française et traduire d'année en année l'effort public en sa faveur.

Le Conseil constate avec satisfaction une inflexion nouvelle et positive dans les choix gouvernementaux relatifs à l'importance de la politique nationale de la Recherche et du Développement Technologique. Il adhère aux trois priorités affichées : l'emploi scientifique, la restauration des moyens des laboratoires et le développement technologique. Il souhaite les voir s'inscrire dans la durée.

¹ Avis instruit par un groupe *ad hoc* de Conseillers coordonné par M. Bruno SOLNIK, comprenant MM. Henri AUDIER, Patrick CHARNAY, Jean-Pierre FLANDROIS, Maurice GARDEN, Marc-Olivier GEBUHRER, Henri JULLIEN, René MORNEX, et le Vice-Président Jean-Claude LEHMANN.
Il n'y a pas de rapport spécifique d'accompagnement : l'avis en tient lieu. Il a été communiqué en temps utile aux rapporteurs pour avis des différentes commissions parlementaires concernées, au moment des débats sur le projet de loi de finances pour 1998.

Le Conseil présente ci-dessous une analyse détaillée du projet de BCRD pour 1998.

Les chiffres globaux...

* Le BCRD 1998 s'élève à 53 054 MF en dépenses ordinaires et crédits de paiement (DO+CP), soit une augmentation de 744 MF ou 1,42 % par rapport à 1997. Toutefois, 110 MF ont été transférés comptablement du budget de l'industrie au BCRD au titre du BRGM et 40 MF ont été provisionnés au titre du nouvel assujettissement à la TVA du LCPC (correspondant à une recette équivalente au niveau du budget des finances). **Ainsi l'augmentation effective du BCRD à périmètre constant est de 594 MF (1,13 %).**

* L'augmentation du BCRD couvre à peine l'inflation prévue. Cette augmentation limitée du BCRD est bien inférieure à la croissance prévue pour le PIB; **aussi le BCRD va-t-il encore décroître en proportion du PIB.** Enfin, il est à noter que l'année 1997, servant de base aux calculs aux taux de progression, avait été une très mauvaise année pour le financement de la recherche, puisque le BCRD avait alors diminué de 1,37%, malgré des reports de crédits de l'exercice 1996 (2 000 MF) et des ressources exceptionnelles. Le Conseil constate favorablement l'effort important de rebudgétisation (350 MF) du Commissariat à l'énergie atomique, ce qui lui assurerait, au sein du BCRD, une meilleure visibilité à l'avenir.

* **La recherche et le développement technologique sont des éléments déterminants de la compétitivité internationale de notre pays et de ses entreprises.** Il est important de se fixer des objectifs ambitieux en termes de recherche, car c'est un des moteurs de la dynamique de notre pays qui touche tous les secteurs de la vie économique et sociale. Les aspects *qualitatifs*, qui ont

été salués dans l'introduction, sont importants, mais les aspects *quantitatifs* ne sauraient être négligés. Si le Conseil salue l'inflexion positive donnée au BCRD, il craint qu'elle soit encore insuffisante et souhaite que l'effort soit poursuivi, voire amplifié, dans les années à venir.

La priorité à l'emploi scientifique...

* La priorité donnée à l'emploi scientifique est accueillie favorablement. L'effort sur la création de postes de chercheurs est très net au niveau des organismes de recherche. La création de 200 emplois d'ITA dans les EPST permettra d'améliorer le fonctionnement de certains laboratoires. La simple lecture du BCRD ne permet pas de voir toute l'importance de la priorité donnée à l'emploi scientifique car 1 800 postes d'enseignants-chercheurs ont également été créés au budget de l'Enseignement supérieur. **Il faut néanmoins insister sur le maintien de l'articulation et de l'équilibre enseignement-recherche indispensable dans l'Enseignement supérieur.** Le recours à des emplois statutaires d'enseignants à plein temps (de type PRAG) ne correspond pas, par lui-même, à cet objectif, même s'il convient d'examiner en profondeur le rôle du recours à de tels emplois dans les missions de l'Enseignement supérieur.

Le Conseil espère que la reprise des créations d'emploi permettra de répondre progressivement à trois objectifs complémentaires :

- 1° porter à 4 ou 5 % le taux de recrutement annuel dans les organismes;
- 2° développer la mobilité et les échanges entre activités et secteurs de recherche ;

3° accroître les capacités d'accueil temporaires pour les scientifiques étrangers.

Le Conseil considère que **la situation actuelle crée un contexte favorable pour discuter et mettre en oeuvre de nouvelles possibilités et procédures de mobilité volontaire** entre organismes de recherche et université, prolongeant ainsi celles prises l'an passé.

* Le déficit persistant des crédits de fonctionnement alloués aux laboratoires pourrait ne pas permettre l'insertion satisfaisante des nouveaux chercheurs. **Il faudra donc veiller, dans la distribution du budget, à ce que cette augmentation du nombre de chercheurs ne se traduise pas par une diminution des moyens de recherche récurrents disponibles pour chaque chercheur**, moyens qui sont déjà considérés comme très insuffisants à l'heure actuelle. Cette croissance appréciée des emplois scientifique va, à court terme, accroître le déséquilibre entre la masse salariale et les crédits de fonctionnement des laboratoires. Elle doit s'accompagner, à moyen terme, d'une volonté de rétablir cet équilibre, tout en maintenant durant les 3 ou 4 années difficiles (précédant la période de plus forts départs en retraite, avec un pic prévisible en l'an 2008) l'effort effectué cette année en matière d'emploi scientifique.

L'effort en matière de recherche universitaire, d'allocations de recherche et de soutien aux doctorants (et notamment les bourses CIFRE) est considéré comme très positif.

Même si son jugement est à nuancer pour certaines disciplines, le Conseil émet des réserves quant à la création de post-doctorants « franco-français ». La création de telles positions ne doit se faire qu'en

fonction d'une politique sur laquelle le Conseil souhaiterait avoir des éclaircissements. La position des chercheurs post-doctorants travaillant en liaison avec les entreprises doit être évaluée quant à son apport, tant pour le chercheur lui-même que pour l'entreprise. Il est clair que le recrutement de docteurs par les entreprises n'atteint pas un niveau satisfaisant par rapport aux autres pays et au nombre de diplômés, et donc qu'une réflexion doit porter sur une politique d'incitation à l'emploi scientifique par les entreprises. Toutefois, il est à craindre que la création de post-doctorants dans les établissements publics et les entreprises ne conduise qu'à un allongement de la période de formation, ce qui, combinée au constat que la durée de la thèse elle-même tend à augmenter, reculant d'autant l'âge moyen d'obtention du grade de docteur, ne facilite guère le recrutement.

Le Conseil note avec intérêt la démarche de réserver un volant de quelque 42 emplois sans affectation préalable, dans une période de redéfinition des missions des organismes .

Le fonctionnement des structures de base de la recherche...

* Le soutien financier aux structures de base de la recherche doit être impérativement un objectif prioritaire du BCRD. **Le Conseil salue la volonté exprimée de privilégier les moyens de base de la recherche publique** et encourage le Ministre à aller beaucoup plus loin dans les années à venir. Cet effort est aujourd'hui encore modeste et l'on constate que la somme totale des CP est en diminution, même si une ventilation différente des CP/AP, au sein d'un total en stagnation, va dans la direction de la priorité au soutien de base aux laboratoires affichée par le BCRD. Il faut, toutefois, remarquer que les crédits sur programmes dimi-

nués pour satisfaire une certaine croissance du soutien de base aux laboratoires allaient déjà pour partie à ces mêmes laboratoires. Même là où les CP bénéficient d'une progression, cette progression paraît en général faible vis-à-vis de l'inflation (par exemple 1,3% pour les EPST). Ces chiffres, estime le Conseil, ne permettront pas d'offrir aux organismes de recherche les moyens nécessaires à une politique scientifique ambitieuse dans un contexte international.

Les Très Grands Equipements (TGE)...

* Les TGE présentent une grande diversité. Ils s'insèrent - ne serait-ce que par leur taille et leur complexité - dans une politique de long terme et de coopération internationale. Leurs retombées pour l'industrie et notamment les PMI innovantes sont importantes. **L'idée de limiter le poids des TGE n'est pas mauvaise en soi.** Le Conseil déplore, cependant, que les décisions relatives aux économies sur les TGE (300 MF) soient insuffisamment argumentées. Le Conseil accepte le fait que certains programmes spatiaux puissent être revus à la baisse. Il note, en le regrettant, le gel en 1998 de la décision concernant le programme SOLEIL qu'il estime pourtant d'un grand intérêt scientifique. Il note également une croissance élevée des AP de l'aéronautique civile au regard de ces économies. **Les décisions concernant les TGE devraient s'insérer dans une politique formulée sur le long terme,** après consultation d'une instance nationale, voire internationale, tant les enjeux géopolitiques de tels équipements sont évidents.

Le soutien au développement technologique...

* **Bien que le développement technologique ait souvent été identifié comme une priorité, cela ne se traduit pas dans le BCRD 1998 de manière significative.** Les crédits de soutien au développement tech-

nologique (hors aéronautique) stagnent. Traditionnellement, on regroupe sous le vocable « aide à la recherche industrielle » le chapitre budgétaire 66-01 (« développement de la recherche industrielle et innovation »), le 66-02 de l'ANVAR et le 66-04 (comprenant le « Fonds de la recherche et de la technologie »(FRT)).

Basés sur ces chiffres, les CP correspondants passent de 3 415 MF à 3 420 MF et n'augmentent que de 0,15 % et les AP de 3 357 MF à 3 384 MF, soit +0.8 %.

Le BCRD marque une rupture par rapport à la dégradation des années passées. Une simple stabilisation ne devrait être **qu'une étape vers une réelle impulsion du développement technologique.** Les crédits de soutien au développement technologique sont actuellement insuffisants pour l'avenir scientifique et technologique de nos entreprises, qu'elles soient petites, moyennes ou grandes. Celles-ci sont confrontées à une double problématique : celle de la mondialisation des marchés et celle de la réactivité qui s'impose désormais aux entreprises face à l'accélération de la mise sur le marché de produits nouveaux. Ceci ne concerne pas seulement les entreprises de pointe. Par ailleurs, les différents systèmes de soutien et d'incitation au développement technologique actuellement en place ne donnent pas satisfaction. Il conviendrait de proposer un programme cohérent (une réflexion est d'ailleurs engagée au CSRT sur ce sujet).

Rappelons que si la France figure au 4^e rang des pays industrialisés pour son effort national en RDT, elle n'occupe que le 22^e quand on se réfère à sa réussite en termes de mise sur le marché de produits ou de prise de brevets d'innovation (*source OCDE, 1996*). Le Conseil note que le Ministre entend remédier à cette situation préoccupante en favorisant, autant que faire se peut, la valo-

risation des travaux scientifiques et technologique des établissements publics. En conclusion, ce budget traduit une inflexion positive, notamment en ce qui concerne les ressources humaines de la recherche. Il marque une attention portée au soutien de base des laboratoires. La priorité accordée à la recherche technologique ne se traduit encore que modestement dans les chiffres, hors aéronautique civile.

Ces orientations nous semblent essentielles et c'est en les mettant en oeuvre dès aujourd'hui et en les maintenant sur plusieurs années que l'on pourra espérer redonner à la recherche, d'une part un meilleur équilibre entre les ressources en personnels et les moyens d'équipement et de fonctionnement des laboratoires, d'autre part un rôle éminent comme moteur de l'innovation et donc de la dynamique économique et sociale du pays.

Avis (« LCPC »)
sur un projet de décret proposé conjointement par
le Ministère de l'Équipement, du Logement,
des Transports et du Tourisme
et le Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
portant organisation et fonctionnement du
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC),
sous statuts d'Etablissement Public à caractère Scientifique et Technique
(rendu en séance plénière le 2 juillet 1997)

Le projet de décret soumis pour avis au CSRT s'inscrit dans le contexte suivant :

Le projet de décret relatif aux statuts du LCPC, par la transformation de ce service de recherche du Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme en EPST, répond aux objectifs suivants :

- mieux articuler son action avec le monde de la recherche nationale et européenne;
- lui permettre un partenariat plus étroit avec les professionnels et les collectivités territoriales ;
- assurer une valorisation plus efficace avec le réseau technique de l'équipement et l'ensemble des professionnels.

La modification proposée des statuts du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, qui sera transformé en EPST, rend plus lisibles les missions de celui-ci, notamment en matière de recherche, et plus particulièrement dans les domaines de la géotechnique, des ouvrages d'art, du génie civil, du génie urbain, et de la préservation de l'environnement dans tous ces mêmes domaines tant au plan national qu'au plan européen dans le cadre du Programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRD).

Considérant l'absence de corps spécifique d'ITA, il conviendra de veiller en parti-

culier à ce que le Ministère chargé de l'Équipement recrute effectivement les profils scientifiques de ses personnels selon les demandes de l'EPST.

Le CSRT propose de conforter les liaisons avec la recherche et l'Université dans la composition du Conseil Scientifique et du Comité d'Évaluation et d'augmenter la représentation des personnels de l'établissement dans ces instances. Aussi, le Conseil scientifique, composé de 24 membres, comprendrait-il 11 personnalités qualifiées (au lieu de 12), 7 membres de droit (inchangé) et 6 représentants du personnel (au lieu de 4).

Le Conseil demande avec insistance que les questions de financement liées au changement de statut du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées soient correctement résolues dès 1998, notamment pour tenir compte de l'assujettissement de l'EPST à la TVA; il considère, à cet égard, que cette charge ne doit entraîner aucune incidence sur les moyens réels de recherche dont disposera l'établissement ; il demande, en outre, qu'une réflexion soit conduite sans retard sur la meilleure articulation des Centres d'Études Techniques de l'Équipement (CETE) avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées pour assurer dans de meilleures conditions les missions qui leur sont attribuées.

En conclusion et moyennant ces trois observations formulées ci-dessus relatives au recrutement des ITA du Ministère de l'Équipement, à la composition du Conseil Scientifique et du Comité d'Évaluation et à l'assujettissement à la TVA de l'établissement, **le CSRT approuve la proposition conjointe** du Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme et du Ministère de l'Éducation nationale, de

l'Enseignement supérieur et de la Recherche de voir transformer les statuts du service de recherche, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, en EPST, **et donne un avis favorable au projet de décret portant organisation et fonctionnement qui lui a été soumis.**

Rapport (LCPC) au Conseil Supérieur de la Recherche et de la Technologie

Rapporteurs : Georges DOBIAS, Marc-Olivier GEBUHRER

Objet: Projet de décret portant organisation et fonctionnement du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Le projet de décret a pour objet de transformer le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, service de l'État en EPST.

Cette évolution, suggérée par la Cour des Comptes en 1987 et dans le cadre de la réforme de l'État, est tout à fait souhaitable, compte tenu des activités de recherche fondamentale et finalisée effectuées par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées dans les domaines du génie civil, des infrastructures, de la géotechnique, des ouvrages d'art et du génie urbain en lien avec l'environnement. Le LCPC joue en outre un rôle important de tête de réseau pour l'ingénierie publique relevant du Ministère de l'Équipement constitué par les 7 centres techniques de l'Équipement (CETE) dont les sièges sont situés à Nantes, Rouen, Lille, Metz, Lyon, Aix-en-Provence, Bordeaux et Ile-de-France. Ces centres disposent de 17 laboratoires régionaux, en tenant compte des laboratoires de la Direction Régionale de l'Équipement d'Ile-de-France.

Le LCPC emploie 570 personnes relevant de 3 catégories: agents contractuels de l'état (principalement statut dit PSS73), ingénieurs, techniciens, administratifs, fonctionnaires du Ministère de l'Équipement, directeurs et chargés de recherche du Ministère de l'Équipement (décrets 94-942 et 943 du 28 octobre 1994).

Le projet de décret place classiquement le futur EPST sous la double tutelle des Ministères chargés de l'Équipement et de la Recherche. Les missions sont définies à la fois de façon classique (recherches, formation, expertise, information scientifique) et de façon plus spécifique pour lui permettre de jouer le rôle de tête de réseau des CETE et de leurs laboratoires.

L'organisation projetée est conforme à celle des autres EPST (Conseil d'Administration comprenant l'Etat, les professionnels et les personnels, Conseil Scientifique, Comité d'Evaluation, Directeur Général) de même que les missions respectives de ces divers organismes. Ces dispositions n'appellent pas d'observation autre que les souhaits :

- de voir nommer au Conseil Scientifique et au Comité d'Evaluation un représentant du CNRS, désigné par le Ministre chargé de la Recherche, sur proposition du Comité Scientifique du CNRS et d'un représentant des Universités désigné par le Ministre chargé de l'Enseignement Supérieur, sur proposition de la Conférence des Présidents d'Universités;
- d'augmenter le nombre de représentants des personnels à ces deux instances;
- de compléter le libellé du Titre III : « le Conseil Scientifique et le Comité d'Evaluation » par les termes « des Personnels » afin de clarifier la fonction dudit Comité.

Les dispositions budgétaires et financières du projet de décret n'appellent pas davantage d'observation.

S'agissant du statut des personnels, l'EPST ainsi créé disposera :

- de directeurs et chargés de recherche sur statut déjà mentionné défini par les décrets du 28 octobre 1994 pour le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et les Ecoles Nationales des Ponts et Chaussées et des Travaux Publics de l'Etat (avis favorable donné par le CSRT le 29 janvier 1992);
- d'ingénieurs, techniciens, administratifs et ouvriers professionnels des corps de fonctionnaires traditionnels du Ministère de l'Equipement. La liste des 13 corps concernés est donnée en annexe du projet de décret. Il n'y aura donc pas de personnels ITA spécifiques Recherche.

En outre, les personnels non titulaires en fonction au LCPC au moment du changement de statut sont transférés à l'établissement public. Leurs emplois, avec leur qualification devront donc figurer au budget de l'Etablissement.

Ces statuts communs à plusieurs organismes assurent la mobilité d'une part, avec les laboratoires associés des écoles et les EPST, d'autre part au sein du Ministère de l'Equipement.

La gestion des directeurs et chargés de recherche n'appellent pas d'observation, le Directeur Général du LCPC exerçant la Présidence du Comité d'évaluation et selon les missions normalement dévolues à un Directeur Général d'EPST.

L'emploi des personnels fonctionnaires du Ministère de l'Equipement est normal, car les modes de recrutement et les Ecoles dont ils sont issus assurent des formations qui leur permettent d'effectuer des activités de recherche en participant directement à la recherche. Ce point n'appelle pas d'observation, d'autant que ce sont ces mêmes corps qui sont affectés dans les CETE.

Peut-on en déduire qu'il n'y a pas lieu de créer des corps spécifiques d'Ingénieurs et de Techniciens de Recherche ? Il est évident que les disciplines scientifiques habituelles dont a besoin le LCPC se trouvent dans les corps du Ministère; on peut cependant imaginer que certaines spécialités pointues hors génie civil, infrastructures, ouvrages d'art, métrologie, pourraient manquer au LCPC. L'élargissement récent des filières d'accès à ces corps techniques et l'évolution de leur formation ont considérablement réduit ce risque. Les documents préparatoires examinés, ainsi que les discussions en CTP du LCPC du 10 mars 1997, et en CTP du Ministère le 18 avril 1997, n'ont pas mis en évidence un tel manque. Les organisations syndicales ont exprimé à la fois leur intérêt et les craintes suscitées par cette transformation, et certaines, une demande de principe de création d'un corps spécifique Recherche d'ITA. Le CTP n'a pas confirmé cette demande.

Le fonctionnement, sans corps spécifique d'IT Recherche, n'apparaît donc pas poser de problème, sous réserve que le Ministère de l'Équipement recrute bien selon les demandes du LCPC.

Les rapporteurs attirent cependant l'attention du CSRT sur deux aspects qui dépassent le projet de décret et qui concernent :

Le financement : les rapporteurs s'inquiètent vivement des remarques formulées par le Ministère délégué au Budget (compte-rendu de la réunion interministérielle du 18 février 1997).

Il s'oppose radicalement à l'idée que l'impact financier résultant de cette transformation statutaire et juridique du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en EPST puisse être laissé dans le flou, voire résolu, de façon artificielle et précaire pour 1998. Il demande que le résultat mécanique de l'assujettissement de la TVA soit pris en compte de façon effective dans le BCRD, et un engagement sur ce point du Ministre chargé de la Recherche ; il considère, à cet égard, que cette charge ne doit entraîner aucune incidence sur les moyens réels de recherche dont disposera l'établissement.

La disjonction qui a été décidée entre le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et les Centres d'Etudes Techniques de l'Équipement : une réflexion ultérieure devrait conduire à mieux articuler encore ces établissements dont les missions ne peuvent être pleinement accomplies que par la mise en commun de potentiels humains et de savoirs-faire techniques et scientifiques correspondants. Cette réflexion doit être engagée sans retard.

Dans ces conditions, le projet de décret concernant le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées n'appelle pas d'autre observation, **et nous proposons au CSRT un avis favorable**, sous réserve de prendre en compte les deux propositions relatives à la composition du Conseil Scientifique et du Comité d'Évaluation des personnels.

Méthodologie pour l'instruction des dossiers des très grands équipements scientifiques (TGE) par le CSRT

(cf. décret n° 82-1012 du 30 novembre 1982, art. 3 « Le conseil [CSRT] peut être consulté par le ministre chargé de la recherche : [...] sur la mise à jour annuelle de la programmation des grands équipements scientifiques. »).

La non-reconduction du conseil des très grands équipements scientifiques (TGE) et la saisine facultative du CSRT par le ministre chargé de la recherche en matière de très grands équipements scientifiques, conduit à un partage des tâches :

- **un rapport sur les très grands équipements**, préparé sous la responsabilité des services du ministère, en liaison avec les organismes qui en assurent la gestion. Ce rapport (fréquence annuelle ou biennale à déterminer) comprendra des don

nées factuelles sur l'évolution des programmes et des installations pour chacun des grands équipements, ainsi qu'un tableau des dépenses couvrant les années N-1 à N+3 (comme précédemment dans les rapports du conseil des TGE) ;

- **des avis et recommandations au ministre** qui figureront dans le rapport annuel du CSRT.

Pour alimenter les réflexions et débats au sein du CSRT, on peut envisager les quatre étapes suivantes :

Phase I : réunion en interne au ministère et préparation de dossiers de problématique par grands domaines (cf. liste *infine*). Ces dossiers sont transmis à des rapporteurs désignés parmi les membres du CSRT ;

Phase II : les conclusions des rapporteurs sont présentées en séance plénière du CSRT, où elles font l'objet d'un débat et d'une délibération ;

Phase III : à partir d'éventuelles questions soulevées lors du débat du CSRT, un comité thématique est mis en place dont la mission sera d'approfondir ces différentes questions. Un (ou deux) membre(s) du CSRT peut(peuvent) participer aux réunions du comité en tant qu'observateur(s). Le secrétariat du comité est assuré par l'Administration. Le comité produit un rapport ;

Phase IV : ce rapport fait l'objet d'un nouveau débat en séance plénière du CSRT, qui peut amender/transmettre ses recommandations au Ministre.

Pour mémoire :

**Liste des grands domaines des TGE
et état d'avancement des dossiers**

- 1- **Physique des particules, physique nucléaire et astroparticules**
(CERN, DESY, GANIL, VIVITRON, VIRGO, sondes spatiales).
Réunion de phase I, tenue le 20 juin 1997 et document pouvant être transmis au rapporteurs du CSRT.
- 2- **Sources de rayonnement synchrotron et de neutrons**
(LURE, ESRF, projet SOLEIL, ILL, LLB).
Si l'instruction du dossier SOLEIL a permis une bonne visibilité de la situation des sources de rayonnement synchrotron, il faudra prévoir une réunion de phase I pour les sources de neutrons. Cf. position adoptée par le CSRT le 2 juillet 1997, cf. intra.
- 3- **Fusion thermonucléaire**
(JET, TORE-SUPRA, projet ITER).
Une étude a été entreprise par les services du ministère avec le CEA.
- 4- **Astronomie et planétologie**
(équipements au sol [ESO, CFH, IRAM] et dans l'espace [ISO, SOHO, projets XMM, INTEGRAL, PLANCK, FIRST, CASSINI-HUYGENS, ROSETTA]).
Dossier de phase I transmis aux rapporteurs du CSRT le 29 juillet 1997; avis du CSRT rendu le 18 novembre 1997, cf. intra.
- 5- **Océanographie**
(Flotte océanographique).
Dossier de phase I transmis aux rapporteurs du CSRT le 3 juin 1997. Rapport rendu et avis adopté par le CSRT le 9 septembre 1997. Une évaluation ayant été demandée au Comité national d'évaluation de la recherche (CNER), (prévue début 1998), celle-ci tiendra lieu de phase III.
- 6- **Sciences de la vie**
(EMBL, Grand séquenceur, biologie dans l'espace).
Réunion de phase I, tenue le 30 juin 1997 et document en cours de finalisation.
- 7- **Géophysique**
(GeoFrance 3D, ODP)
Réunion de phase I à prévoir.
- 8- **Observation de la Terre depuis l'Espace²**
(ERS, ENVISAT, SCARAB, POLDER auxquels on peut ajouter les satellites météorologiques d'EUMETSAT). Réunion de phase I à prévoir.

² La station spatiale internationale pourrait être rattachée à ce domaine, bien que les utilisations scientifiques de cette station ne soient pas encore clairement précisées et qu'elles couvriront certainement d'autres champs (observation du ciel, microgravité,...).

Avis relatif à la Flotte océanographique française

(rendu le 9 septembre 1997)

* Il faut mettre en place une évaluation *a posteriori* des programmes scientifiques de la flotte océanographique française, afin de faire le bilan de l'apport en termes de connaissances comme en termes de technologie. Ceci doit permettre aussi de montrer la cohérence des diverses approches d'un même sujet à l'aide de moyens techniques différents (par exemple, halieutique scientifique et estimation des prises).

Un bilan des complémentarités entre océanographie spatiale et océanographie traditionnelle doit pouvoir être présenté afin de mieux évaluer les besoins de travail à la mer.

* Le programme de renouvellement de la flotte hauturière de l'IFREMER semble cohérent avec les besoins : le Nadir doit être remplacé pour permettre la poursuite de l'exploration benthique et le Suroît modernisé répondra à une grande partie des besoins de la recherche. Ce programme apparaît comme raisonnable au plan budgétaire et les efforts en ce sens sont notables.

Le Marion Dufresne II (MD-II) doit être mieux utilisé, ce qui rentabiliserait l'investissement consenti. La gestion complexe doit être simplifiée, avec pour objectif d'améliorer les utilisations scientifiques : le MD-II doit être géré scientifiquement et financièrement par l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP).

Les possibilités d'augmenter le temps de travail scientifique en mer sont réelles, de l'ordre de 15 % pour l'ensemble de la flotte. Cette possibilité correspondrait effectivement à une rentabilisation de l'investissement lourd.

Il faut cependant valider la pertinence de toutes ces opérations : l'augmentation de l'offre, y compris par le biais d'éventuels échanges de temps navire ou de compensation financière, doit correspondre à de réelles problématiques scientifiques, à la disponibilité des scientifiques et au potentiel réel de recherche des équipes.

L'ouverture concurrentielle des appels d'offres à des équipes étrangères doit devenir un des objectifs prioritaires.

* Il est nécessaire de renforcer les campagnes d'halieutique visant à comprendre les évolutions spatio-temporelles des ressources marines vivantes. Le rattachement de ce domaine à l'IFREMER ne correspond plus à l'évolution scientifique actuelle.

* L'introduction des sciences humaines, en particulier dans le domaine de l'halieutique et de la pêche, doit être assurée.

* Le maintien de la capacité de la flotte de l'INSU à la recherche et à l'enseignement est un objectif majeur qui conditionne les potentialités de recherche du futur, par la formation des futurs scientifiques spécialistes du domaine marin.

* La complémentarité des flottes océanographiques actuelles des autres pays européens sera systématiquement recherchée et la mise en commun avec les autres pays d'Europe des moyens nouveaux de la flotte océanographique française considérée comme prioritaire.

* La France doit s'équiper (ou, à défaut, avoir un large accès à l'utilisation) d'un

véritable navire polaire brise-glace, vu l'importance des régions polaires en termes scientifiques voire géopolitiques.

* Il est évident que les structures administratives actuelles ne recoupent plus la réalité de la recherche, car l'utilisation de la flotte transcende largement les clivages administratifs. Une reconstruction s'impose et

doit permettre une grande lisibilité scientifique et administrative pour aborder sur des bases plus fortes, entre autres, la coopération internationale. Il faut, dans ce cadre, négocier une large ouverture aux équipes scientifiques des moyens du Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM).

ANALYSE DES DOCUMENTS CONCERNANT LA FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE

Rapport de
Jean-Pierre FLANDROIS et Alain PAVE
(adopté en séance plénière le 9 septembre 1997)

L'océan est en lui-même objet d'études mais il est agent d'interactions diverses avec d'autres éléments (atmosphère et terres émergées) et est support d'une intense activité biologique. L'océan est aussi un lieu de production de ressources vivantes utilisables par l'homme et de potentielles utilisations industrielles.

La flotte océanographique française est un outil indispensable à la recherche scientifique portant sur l'océan, son fonctionnement physique, chimique et biologique et ses interactions avec l'atmosphère et avec les terres émergées. Elle participe aussi à des recherches finalisées orientées vers l'évaluation et la gestion des ressources marines.

Très globalement et eu égard à l'étendue et à la distribution du domaine marin sous la responsabilité de la France, à la qualité globale des recherches océanographiques et connexes de sa communauté scientifique, les moyens ne sont pas disproportionnés, sinon sans doute un peu sous-dimensionnés. Un effort d'équipement et de distribution géographique plus équilibré du

potentiel paraît souhaitable. Néanmoins et pour une analyse plus fine, il serait bon de replacer le contexte logistique dans l'activité générale de la recherche océanographique et des travaux scientifiques qui y sont reliés.

Les missions de la flotte

La mission de la flotte océanographique est variée et la durée de vie des bateaux est de l'ordre de 25 ans. On peut donc prévoir, sans grand risque de se tromper, que leurs missions vont évoluer tout au long de leur vie «active» ; ceci entraîne des conséquences techniques qui doivent être prévues dès la conception des bateaux.

La recherche fondamentale vise à l'acquisition des connaissances de base sur le monde marin, son état, son fonctionnement et son évolution ; tout ceci relève essentiellement de la recherche scientifique, à savoir principalement l'océanographie physique et l'océanographie biologique.

On identifie classiquement l'étude :

- des propriétés chimiques et physiques du milieu marin de la circulation océanique;
- des fonds marins : structure, dynamique, sismicité et volcanologie sous-marine, paléologie et paléoclimatologie, etc.;
- des échanges avec l'atmosphère et de l'influence des océans sur le climat;
- des êtres vivants (taxinomie, physiologie, dynamique des populations, etc.) et des écosystèmes marins (côtier, profondeurs, surface, etc.).

À ces recherches à but cognitif s'ajoutent des recherches plus finalisées :

- Études relatives aux ressources marines, à leur exploitation et à leur gestion (ressources vivantes : principalement l'halieutique ; ressources non vivantes : prospection, systèmes d'exploitations, évaluation et suivis divers, par exemple, tout ce qui concerne le secteur pétrolier). Ce champ de recherches est particulièrement important pour la France du fait de la surface très étendue de la zone économique exclusive.
- Développements technologiques en milieu marin (par exemple, les tests et l'utilisation de submersibles spécialisés et, plus généralement, de diverses autres technologies: observations, exploration, etc.).
- Étude des risques d'origine maritime et leur prévention.

La flotte assure aussi un rôle de *support logistique* à d'autres activités de recherche ou de développement technologique (par exemple le transport de matériel et de personnels). C'est le cas, par exemple, du « Marion Dufresne II » qui doit assurer une partie de la logistique des TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises).

La flotte permet la *formation des nouvelles générations de scientifiques* et de technologues du monde marin.

Si la flotte océanographique permet nombre de ces recherches fondamentales ou appliquées, elle a aussi un *objectif annexe de type géopolitique*, l'affirmation de la présence française dans la zone économique exclusive et le maintien d'équipes dans les îles de l'Océan Pacifique Sud. Ce rôle est aussi naturellement tenu par la flotte de la Marine Nationale (océanographique ou opérationnelle).

Les sciences humaines approchent le domaine maritime par d'autres voies. L'interaction homme-océan fait ainsi l'objet de recherches historiques, économiques, sociales qui ne sont que rarement prises en compte dans la problématique des scientifiques utilisateurs de la flotte. Elles sont cependant une des clés de compréhension de certains phénomènes physiques, chimiques ou biologiques induits par l'activité humaine, elle-même conditionnée par des facteurs économiques, culturels et sociaux.

Bases de l'analyse

La présente analyse s'appuie sur l'ensemble des documents fournis :

- Rapport de synthèse sur la flotte océanographique (B. Sayer, 1997)
- Rapport sur la flotte hauturière de recherche (Pierre David, 1996, Annexe I)
- Rapport de l'IFREMER sur sa flotte océanographique (Annexe II)
- Rapport de l'INSU sur sa flotte côtière (Annexe III)
- Rapport de l'ORSTOM sur sa flotte (Annexe IV)
- Rapport du groupe de travail IF RTP sur le Marion Dufresne II (MDII)
- Divers autres documents consultés par les rapporteurs dans la mesure du temps disponible pour faire leur travail.

On éprouve à partir de ces documents hétérogènes une grande difficulté à se faire une image globale de la recherche océanographique, de ses performances et des finali-

tés de l'utilisation des moyens par la communauté scientifique française. Si l'INSU et l'ORSTOM donnent une liste assez précise des thèmes abordés et des fonctions assurées, en revanche l'identification des activités scientifiques de l'IFREMER en rapport avec l'utilisation de sa flotte est plus difficile. Aucun des rapports n'illustre son propos par des exemples de résultats scientifiques majeurs obtenus (alors qu'on sait très bien que la communauté française dans le domaine est d'un excellent niveau).

Les informations concernant les moyens du SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) sont brèves et ne figurent que dans le rapport introductif. Des informations générales relatives à d'autres moyens de recueil de données ne sont qu'évoquées ou même ignorées (moyens spatiaux, marine de pêche et marine marchande, moyens littoraux).

Donner un avis sur la situation actuelle nécessite une vue générale de la flotte, de son emploi actuel et futur qu'il est difficile d'envisager sans une synthèse des divers documents. C'est ce que tentent les tableaux 1 et 2, joints *in fine*, dont les données proviennent des documents cités ci-dessus ou d'un traitement de ces données. Une vision cohérente nécessiterait une homogénéisation des renseignements fournis (des données manquent ou sont délicates à comparer). A partir de ces tableaux, il est néanmoins pos-

sible d'analyser les divers indicateurs de façon plus synthétique.

On ne discutera pas ici du secteur militaire qui échappe pour la plus grande part à notre compétence, sauf pour remarquer qu'on peut identifier des points de recouvrement et qu'en fonction de l'évolution de ce secteur des moyens non négligeables pourraient être mobilisés. De même, le secteur marchand est peu évoqué alors qu'il peut contribuer et contribue même au recueil de données, avec toutes les précautions à prendre dans l'utilisation de celles-ci. En effet, la logique de la prise des données est souvent loin de répondre aux critères scientifiques. Par exemple et nous y reviendrons, les prises des pêcheurs littoraux ou hauturiers sont des indicateurs fortement biaisés de l'état des ressources halieutiques.

Les acteurs

Il est impossible de dénombrer les chercheurs du domaine concerné avec exactitude : 2 à 3 000 scientifiques, marins et techniciens sans doute. Le nombre d'équipes océanographiques est estimé à 70.

Le nombre de marins et techniciens n'est pas disponible pour tous les établissements impliqués dans les documents fournis. Le tableau suivant donne un aperçu des moyens humains.

IFREMER	CNRS/INSU	ORSTOM	IFRTP
180 IM 110 Techniciens 20 Cadres tech 180 Ingénieurs 5 Pers. Direction	57 IM ? Techniciens	17 IM 19 CDD ? Techniciens 1 Direction opér.	50 IM (CGM) 6 Tech (CNRS, SHOM)

[IM : Inscrits Maritimes]

Les données sont comparables pour les personnels navigants.

Le taux d'utilisation de la flotte peut être limité par les moyens en personnel navigant ; il faut donc un potentiel humain suffisant pour permettre l'armement. Ceci peut être obtenu par des moyens propres après optimisation des affectations (INSU), par un accord d'armement (IFRTP-CGM) ou encore par le regroupement des moyens humains dans une structure d'armement de type GIP (GENAVIR pour l'IFREMER). Des accords d'armement entre l'ORSTOM et GENAVIR permettent de pallier des absences imprévues.

D'une façon générale, le nombre d'inscrits maritimes n'est pas une limitation à l'emploi de la flotte.

En revanche, une carence en techniciens peut rendre difficile l'emploi d'un navire pour une campagne scientifique utilisant des matériels complexes ; c'est le cas du MDII pour lequel on sait qu'il manque cinq techniciens pour une utilisation normale. Les autres flottes ne sont pas critiquées sur ce point. Le MDII souffre aussi d'un manque de certains équipements scientifiques demandés par la plupart des campagnes ce qui imposerait une dépense de 1 MF/an pour le mettre à niveau. Il faudrait aussi dans son cas améliorer les processus d'échange de matériels avec la flotte de l'IFREMER, en étudiant au mieux les rotations.

Un armement assuré ne garantit pas non plus une utilisation scientifique : MDII pourrait être utilisé entre 50 et 80 jours de plus pour des campagnes scientifiques si des crédits nouveaux étaient mis à disposition pour le fonctionnement scientifique, ou par l'affrètement de moyens plus légers pour les rotations d'hiver vers les îles subantarctiques³. Ces crédits (8 MF/an) sont inférieurs

³ De telles rotations effectuées par un autre navire permettraient de libérer le MDII pour des tâches scientifi-

à la diminution de la dotation de l'IFRTP depuis 1995 (13MF/an).

La limite de l'activité ne semble pas venir du nombre de navigants mais du nombre de techniciens affectés à l'utilisation des appareillages embarqués ou aux systèmes sous-marins. C'est un point clé dans un objectif éventuel d'extension de l'utilisation du dispositif.

Les aspects scientifiques et technologiques

Les principaux sujets et objets de recherche (col.17 tableau 2) : sans entrer dans le détail les opérations de recherche concernent principalement l'océanographie physique et biologique, la paléoclimatologie, la biologie et l'écologie terrestre des milieux insulaires (pour cette dernière partie il s'agit principalement du MD-II), les ressources marines, en particulier l'halieutique, mais également certains aspects plus marginaux comme l'étude de sources de produits à destination pharmacologique. Sur le plan technologique les informations sont moins précises, sinon pour signaler l'excellente tenue des recherches et développements en matière d'engins sous-marins (IFREMER)⁴.

Intégration du travail de recherche dans les programmes nationaux et internationaux (col. 18 tableau 2): la grande majorité des campagnes font référence à des programmes nationaux ou internationaux : partie océanographique de PIGB (Programme international géosphère biosphère) ou du PMEC (Programme mondial d'étude du climat), programmes d'océanographie biologique programmes d'étude de la biodiversité.

ques, éventuellement dépassant la zone subantarctique.

⁴ On sera très discret sur le sujet, car les documents fournis ne permettent pas d'évaluer ce point fort de la recherche en technologie marine.

Evaluation scientifique : cette évaluation se fait *a priori*. Seul, l'INSU programme des « colloques de restitution ».

Problème spécifique de l'halieutique comme on va le voir ci-après, l'halieutique, champ scientifique consacré à l'étude de la pêche et à sa gestion, représente 20% des activités des bateaux de l'IFREMER, et une part également de l'utilisation des moyens des autres acteurs, notamment ceux de l'ORSTOM. L'une des préoccupations principales de l'halieutique est l'évaluation des « stocks » et l'étude de leurs dynamiques. On connaît la difficulté du problème (dynamique complexe des effectifs et de leur distribution spatiale). On sait aussi l'importance pour tout un secteur économique français mais pas exclusivement. On a entendu les divers discours sur la surexploitation des océans, mais on a du mal à évaluer quelle réalité recouvrent ces discours. Enfin, il apparaît de plus en plus clairement que le recours aux données de la pêche donne une image très biaisée des fluctuations spatio-temporelles des ressources halieutiques. On est informé de l'importance de ces estimations dans le discours et dans les décisions des gestionnaires et des politiques. Sans doute y aurait-il lieu de promouvoir un effort spécifique dans le domaine.

La formation des chercheurs ou des gestionnaires des ressources marines.

La flotte intervient de façon très hétérogène dans la formation des futurs scientifiques et ingénieurs.

L'INSU assure la grande majorité des actions de formation. C'est ce qui apparaît dans le tableau 2 (colonne 17). Ceci serait encore plus évident si une information sur cette activité des Observatoires ou des Stations Marines était disponible. L'ORSTOM y participe aussi (essentiellement de cadres

locaux dans les pays du Sud), ce qui correspond également à sa vocation.

Les formations auxquelles participe la flotte de l'INSU sont principalement celles du second cycle, mais la part du troisième cycle et des doctorants doit être soulignée car elle correspond à la formation par la recherche d'étudiants ayant déjà opté pour une carrière centrée sur l'océanographie (au sens large).

La participation des autres flottes à la formation des futurs scientifiques est bien plus restreinte. Il ne convient pas ici d'en expliquer les causes tant économiques que fonctionnelles.

Le maintien du potentiel de formation des scientifiques passe par une politique de renouvellement du potentiel de l'INSU qu'il faudrait expliciter.

Les aspects économiques, géoscientifiques et géopolitiques

Les aspects économiques ne sont pas négligeables (pêche et aquaculture, ressources minérales, ressources pétrolières off-shore). Nous nous limiterons, à titre d'exemple, aux ressources halieutiques.

Le poids économique de la pêche en France, hors aquaculture et industries de transformation et la distribution, est de l'ordre de 6,5 GF/an; elle concerne environ 20 000 marins-pêcheurs. Dans de nombreux pays, la pêche maritime fournit des ressources alimentaires de premier plan, par exemple au Sénégal on estime à environ le 1/3 des ressources protéiques est apporté par la pêche. On comprend donc que soient affichées des campagnes dites halieutiques visant à mieux connaître la dynamique de la ressource. L'IFREMER et l'ORSTOM participent activement à ces campagnes. Pour

l'IFREMER, 20 % des campagnes sont réservées à l'halieutique. Celles-ci ont un double but : de recherches finalisées et d'expertise, visant à mettre au point des méthodes d'estimation et de suivi des ressources, puis de fournir des éléments quantitatifs pour la prise de décision sur les «quotas de pêche» au niveau international (notamment européen). A travers la lecture des rapports, le problème est qu'on ne sait pas exactement quelle est la part d'études scientifiques et la part de prise de données pour fournir les éléments d'expertise. En revanche, on sait, par ailleurs, qu'une part importante des données d'expertise sont déduites des quantités prises par les pêcheurs eux-mêmes. On sait aussi que ces données sont fortement biaisées parce que l'échantillonnage du pêcheurs n'a pas pour but d'estimer la ressource, mais de l'exploiter. Le biais est dans l'état actuel des connaissances difficiles, voire impossibles à évaluer correctement. D'aucuns recommandent d'amplifier les campagnes océanographiques pour mieux comprendre la dynamique de la ressource, sur la base de données recueillies sur des critères scientifiques.

Depuis 1982 et au niveau de la planète⁵ le domaine maritime et découpé, en gros, en deux parties : une zone d'accès libre (65 %) et une zone dite économique exclusive (ZEE) qui représente 35 % des 361 millions de km² de mers et d'océans, soit de l'ordre de 125 millions de km². Cette zone est aussi dite «des 200 milles nautiques» parce que sa limite est à cette distance des littoraux. On estime qu'elle contient 95 %, des ressources vivantes (exploitées). Les ZEE sont attachées à chaque pays à façade maritime (des discussions existent encore sur leurs limites précises, c'est pourquoi il est difficile de trouver des données permettant des comparaisons). En tout état de cause la ZEE fran-

çaise compte 10 millions de km² dont 7 millions en Océanie (métropole 220 000 km²).

La France dispose donc de l'ordre 8 % des ZEE⁶ alors que la métropole et l'ensemble des DOM-TOM couvrent de l'ordre de 0,6 % des terres émergées. Par ailleurs, la distribution géographique de la ZEE française nous place en excellente position dans certaines zones peu explorées et d'un grand intérêt scientifique, par exemple : le sud de l'océan indien, le plateau continental amazonien. On comprend immédiatement la responsabilité particulière de la France dans le monde marin.

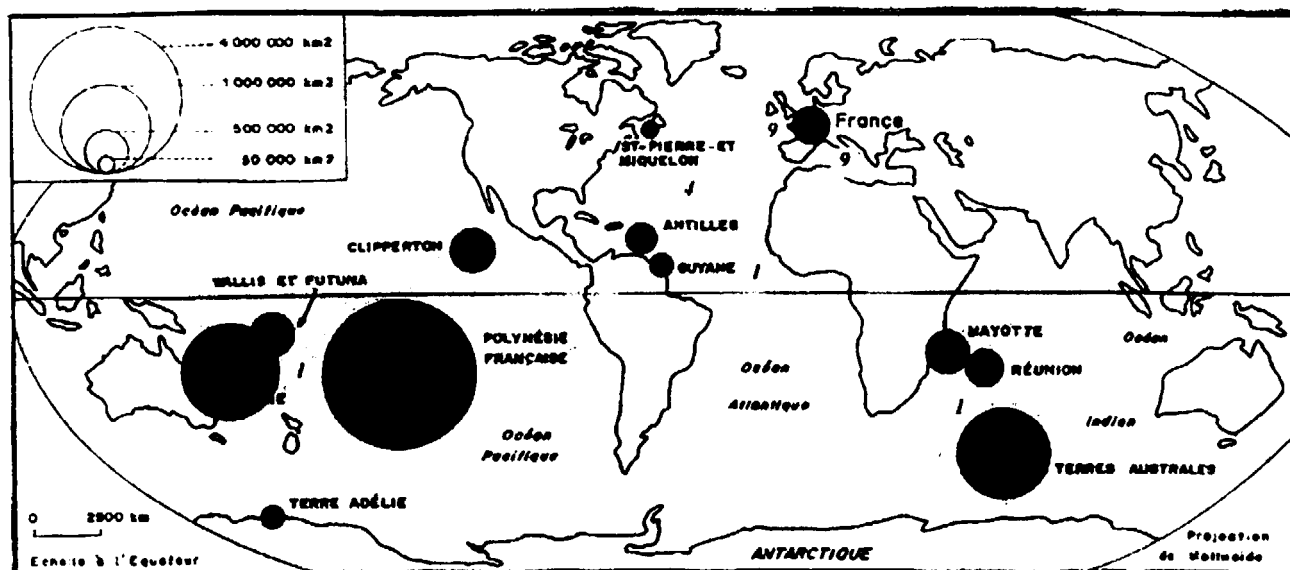
La carte ci-après donne un aperçu de la répartition de la ZEE française et de la distribution (reportées par nos soins) de la flotte scientifique française. Les quatre navires inclus dans l'ellipse centrale sont des bateaux «généralistes». Bien qu'on puisse aisément trouver des explications, on est frappé par la différence entre les deux distributions : d'une part, forte implication sur le littoral métropolitain, les mers et océans la bordant, d'autre part, la faible implantation ailleurs.

La flotte océanographique française dans le contexte international

La flotte océanographique française comparée à celle d'autres pays développés est d'une taille plus que raisonnable (12 navires de plus de 30 m, avec ceux du SHOM; l'Allemagne compte 22 unités, le Royaume-Uni 18 et les États-Unis 60).

⁵ Convention adoptée le 30 avril 1982 à New York.

⁶ A ces zones correspondent des ZPE, zones de pêche exclusives. Si les données globales, en superficie, sont bonnes pour la France, il existe encore localement des questions de délimitation précise.



L'importance de la ZEE française par domaine géographique

Les moyens à la mer: types et programmation.

Les tableaux 1 et 2 reprennent les données des rapports transmis sous une forme synthétique permettant des comparaisons et une bonne compréhension des problèmes ou de l'utilisation de la flotte.

Les moyens sous-marins ne sont pas analysés dans les tableaux, essentiellement par manque de données transmises. Il existe trois engins de ce type en 1997 : Cyana, Nautille et SAR (sonar latéral profond). En 1998 le ROV Victor 6000 (Remotely operated vehicle) viendra enrichir la panoplie des moyens sous-marins.

Les moyens embarqués de type sondeur multifaisceaux, sismique multitraces sont largement utilisés (cf. rapport de l'IFREMER annexe II).

La flotte du SHOM (Service Hydrographique de la Marine) n'est pas prise en compte devant le manque de renseignements concernant son emploi. De même, on peut regretter l'absence d'analyse des interactions entre l'océanographie spatiale et l'océanographie en mer.

Très globalement, la flotte actuelle comporte 6 navires considérés comme hauturiers (35 m à 120 m), 10 côtiers ou de façade (12,5m à 28 m) et 9 bateaux de plus petite taille, dits de " station " (7 m à 11,5m). Le coût total de remplacement est de l'ordre 2 GF (à comparer au coût de développement du lanceur Ariane 5 : environ 40 GF et au prix estimé de chaque lanceur : environ 1 GF ou encore au coût du dernier gros capteur placé sur l'anneau du CERN : 1 GF).

Armement

Les navires dépendent de 4 organismes mais sont affrétés soit par l'organisme lui-même, soit via une structure dont il est actionnaire principal (sous forme de GIP tel que GENAVIR⁷ pour IFREMER) soit par une société d'affrètement (CGM pour IFRTTP). Des accords d'affrètement existent entre ORSTOM et GENAVIR.

Le taux d'utilisation offerte (taux d'armement) dépend de la possibilité d'armement et du budget. Il est élevé pour la flotte

⁷IFREMER 56%, CNRS 17%, ORSTOM 17%, CGM 5%, SURF 5%. GENAVIR assure la conduite des navires, l'acquisition et la validation des données recueillies, l'assistance technique des projets techniques ou informatiques, l'acquisition d'équipements navals, la réalisation des travaux sur les moyens navals.

hauturière de l'IFREMER et pour le MDII, la flotte de façade de l'INSU, et le catamaran Europe (IFREMER). Il est inférieur à 75% du temps pour le reste de la flotte mais reste supérieur à 65% sauf pour le navire de façade Thalía (46%). Ce dernier point mériterait une explication.

Coût d'exploitation

Navires	Estimation du coût moyen minimum par jour et par personne
MDII	1,7 kF
Nadir	1,8 kF
Suroît	4,1 kF
Atalante	2,9 kF
Thalassa	2,9 kF
Antea	3,3 kF

Toujours à titre de comparaison, le coût par personnel scientifique de la station des Nouragues (station d'écologie terrestre en forêt Guyanaise) est d'environ 400 F/jour (transport par hélicoptère et hôtellerie compris) (voir aussi col. 10 du tableau 1).

Programmation scientifique

L'évaluation *a priori* des campagnes, et donc la sélection des projets (col. 4, 14 et 15 tableau 2) est effectuée par des commissions scientifiques issues de l'organisme dont dépend le navire ou d'autres organismes (même si les commissions sont mixtes dans la plupart des cas). Deux cas méritent d'être cités : les Comités Inter-Régionaux de l'INSU (CIRMED et CIRMAT) assurent la programmation scientifique de la flotte de façade de l'IFREMER ; l'IFRTP confie en partie la programmation scientifique du MDII à l'IFREMER.

Le coût total annuel de fonctionnement maximum calculé sur 365 jours d'utilisation est d'environ 220 MF (de l'ordre de 11 % du coût de remplacement).

Le coût moyen par jour et par personnel scientifique embarqué est résumé, pour la flotte hauturière, dans le tableau suivant :

La sélection des recherches par les conseils scientifiques entraîne une « pression » (ratio proposition de recherches / offre de temps bateau) de l'ordre de 3. Cette pression est considérée comme normale pour garantir un bon niveau scientifique ou l'opportunité des recherches en fonction des programmes en cours.

En revanche, il n'y a pas à proprement parler d'évaluation *a posteriori*, si ce n'est la prise en compte des résultats obtenus par les demandeurs lors de précédentes missions.

Zones couvertes

Les affectations géographiques sont les suivantes :

Zone géographique	Nombre de bateaux tous types inclus
Atlantique-Manche	9
Sub-Antarctique	1 (MD-II)
Méditerranée	9
Atlantique tropical	1 (Antea)
Pacifique tropical	1 (Alis)
Toutes zones	4

L'utilisation par un organisme ne signifie pas une utilisation prioritaire par l'organisme en question et, de plus, l'utilisation d'un bateau de la flotte est collective (cohabitation sur un même navire de chercheurs de ces divers organismes) (cf. col. 4 et 16 du tableau 2). La flotte hauturière de l'IFREMER est ainsi plus utilisée par des institutions autres (INSU et ORSTOM) que par l'IFREMER, ce n'est pas le cas de la flotte de façade IFREMER qui, bien que programmée par l'INSU est essentiellement utilisée par l'IFREMER.

Programmation

Une programmation des techniques des missions suit la programmation scientifique (col. 15 tableau 2). Cette phase est de la compétence des organismes responsables des flottes. C'est une démarche essentielle car elle joue sur l'optimisation de l'emploi de la flotte mais aussi des instruments embarqués. *Une programmation pluriannuelle serait sans doute source d'amélioration des mises à disposition de l'outil.*

Indices d'utilisation (col. 11 et 12 tableau 2).

Les campagnes scientifiques suivent cette programmation de l'activité. Du fait de durées de transit, d'escales, d'impondérables climatiques ou techniques, la totalité du temps disponible n'est pas employé pour la recherche. Le taux annuel d'armement ne peut dépasser 90 % sans que des contraintes apparaissent (dues, par exemple, aux transits), ou que la souplesse d'utilisation ne soit trop limitée. L'IFREMER atteint 83 % pour sa flotte hauturière.

Les impondérables climatiques semblent toucher plus les navires de façade les plus petits et diminuent le nombre de jours dévolus au travail scientifique. Le cas du MDII est particulier car une grande partie du temps navire est occupé par la desserte des

îles subantarctiques. En dehors de ces deux cas, l'utilisation scientifique approche 70 % et cette limite ne semble pas pouvoir être améliorée, à moins de revoir totalement la politique de programmation scientifique et opérationnelle (en particulier en la rendant pluriannuelle).

Augmenter le temps disponible peut répondre à un objectif de rentabilité de l'investissement mais diminuera la «pression» des équipes en augmentant l'offre de temps bateau. Une évaluation de la qualité des recherches, indépendamment du critère de pression, serait utile.

Renouvellement de la flotte

Sur les 25 navires actuellement disponibles, 10 ont un âge avancé et ne devraient pas dépasser les premières années du siècle prochain.

La flotte de façade est d'âge certain pour 4 des 10 navires. Il serait intéressant de savoir si l'âge de la Thalia est une cause du déclin de son utilisation. Le renouvellement de cette flotte semble nécessaire, d'autant plus qu'elle participe massivement à la formation des futurs scientifiques.

Un des points importants est que la formation des futurs scientifiques du domaine marin passe par la flotte de l'INSU, flotte de station dont trois navires sur six doivent être remplacés à court terme.⁸ Peut-on considérer que cette flotte pourra satisfaire à ce besoin essentiel qui conditionne le maintien du potentiel de recherche à l'avenir ? Le renouvellement des navires de station semble programmé à raison de 0,5 MF/an pendant 10 ans. On n'en connaît pas le plan précis. Le renouvellement des navires de façade doit lui aussi être programmé (mais le rapport de l'INSU ne le mentionne pas).

⁸Noter aussi l'âge de Planula II, dépendant de la Station Marine d'Arcachon

Une certaine inquiétude vient de l'âge de certains navires dont le désarmement définitif approche (Tableau 1, col 2).

La flotte hauturière est moins âgée et seuls deux navires doivent être remplacés. Une refonte complète du Suroît (valeur de remplacement 250 MF), sa modernisation et l'implantation de nouveaux équipements permettra d'allonger sa durée de vie et d'étendre son utilisation, pour un coût de 35 MF (à noter que l'IFREMER consacre 1/4 de son budget à la flotte dont 50 MF pour de nouvelles constructions et 75 MF pour l'acquisition ou la construction en interne d'équipements). Le projet semble devoir couvrir une grande partie des besoins scientifiques attendus. Le Nadir, dont l'orientation vers la recherche benthique est claire (il peut porter les deux sous-marins habités) atteindra en 2000 sa limite d'utilisation. L'arrivée du ROV6000 en 1998 entraînera des possibilités nouvelles que le Nadir ne peut pas exploiter. Le maintien de la position française dans l'exploration des grands fonds passe par la construction d'un navire d'exploration benthique nouveau dont le coût est estimé à 300 MF. Les données disponibles dans le dossier transmis sont quasi inexistantes pour les deux sous marins. On ne peut donc pas émettre d'avis sur ce sujet.

La coopération internationale

Les documents ne mentionnent pas la décision finale concernant la participation française au programme ODP (Ocean Drilling Program).

Un accord tripartite a été signé en 1996 entre l'IFREMER, le BMBF allemand et le NERC britannique. Il permet des échanges de temps navire qui se heurtent actuellement à des contraintes financières (la France est le seul des pays où le financement des campagnes est totalement pris en charge par l'organisme possédant la flotte) et aux habitudes de travail ou à la barrière de langue. Les

échanges sont encore peu nombreux alors que les flottes ont des caractéristiques complémentaires. Dès maintenant la part des scientifiques étrangers sur les navires hauturiers est de plus de 10 %. Le cas de l'ORSTOM est particulier car l'accueil des scientifiques étrangers des pays du Sud fait partie de sa mission ; elle est largement assurée.

Les problèmes de gestion des bâtiments qui ont bénéficié d'un soutien européen ou étranger sont actuellement faibles car les accords ont laissé à la partie française la gestion entière des bâtiments. Ces problèmes seraient plus aigus si l'apport étranger était plus large. Il serait bon d'envisager les scénarios potentiels, surtout si le NEB remplaçant le Nadir devait être cofinancé au niveau européen.

REMARQUES concernant les moyens à la mer :

1. Globalement, les *moyens nationaux* sont très raisonnables en comparaison avec ceux d'autres pays développés, mais peut-être sous-dimensionnés par rapport à la responsabilité de la France face à l'étendue de son domaine maritime. On peut, par exemple, s'interroger sur le manque d'un véritable navire polaire brise-glace, comme le *Polarstern* allemand ou de la faiblesse de l'implantation dans la zone intertropicale (bien que l'ORSTOM y fasse un excellent travail avec ses moyens limités). La gestion technique de la flotte, à laquelle nous n'avons pas consacré une analyse particulière (il faudrait plus de temps, d'informations et s'associer d'autres compétences), nous paraît très correcte. La question est cependant posée, tant sur le plan technique que scientifique d'une européanisation des moyens.

2. Le choix, la réalisation et l'exécution des objectifs scientifiques ne sont pas gérés par un même organisme. Cette situation n'engendre pas de doublons ou d'incohérence du fait de la composition des conseils scientifiques et de leur indépendance. Il ressort de l'analyse des colonnes 4, 13, 14, 15 et 16 du tableau 2 que l'utilisation scientifique de la flotte transcende largement les différences d'appartenance des navires à une institution. Le cas de l'ORSTOM est un peu différent car les programmes correspondent à la vocation primaire de l'organisme.

Cette situation de partage des décisions et des responsabilités semble être la réponse fonctionnelle et pragmatique à l'existence de quatre institutions dont les vocations sont finalement assez proches. Elle garantit leur existence administrative sans entraver le travail scientifique. Le prix en est une certaine complexité ; n'y aurait-il pas une autre solution plus logique améliorant la coordination et abaissant les coûts ? Un regroupement des systèmes de décision scientifique, de gestion et de programmation pourrait être une solution (qui a déjà été proposée) dont il conviendrait d'estimer la pertinence scientifique, technique et financière. Un avantage serait sans doute une meilleure disponibilité à l'évolution probable vers une internationalisation des actions de recherche. Les navires du SHOM (Service Hydrologique et Océanographique de la Marine) pourraient peut-être s'ouvrir plus largement à une utilisation civile.

3. L'évaluation scientifique *a priori* paraît correspondre aux habitudes classiques de la communauté scientifique en la matière. Les deux comités spécialisés existants⁹ puis le comité de l'IFREMER et le

comité de l'ORSTOM, auxquels il faut ajouter la contribution du conseil scientifique de l'IFRTP, semblent bien remplir leurs fonctions. *Néanmoins, il manque des informations sur l'évaluation a posteriori, sur les délais d'analyse et publication des résultats obtenus par les campagnes et des références à quelques exemples de résultats marquants.*

4. *Les coûts globaux de fonctionnement et de remplacement sont, certes, élevés, mais en regard d'autres équipements ou projets lourds et de la taille de la communauté scientifique concernée il n'y a rien de critiquable* (communauté de l'ordre de 3 000 personnes, doctorants compris), sauf peut-être une certaine faiblesse de dimensionnement. Par exemple, le coût du MD-II est non prohibitif (à condition qu'il fasse «le plein»). De plus, son usage généraliste, dans une zone d'un grand intérêt scientifique renforce son importance (zone d'influence qu'il pourrait d'ailleurs étendre). En effet, il couvre des recherches océanographique mais il permet, grâce à son carottier géant, d'obtenir des archives sédimentaires précieuses, par exemple pour l'histoire du climat¹⁰ ; il permet aussi le développement des recherches en milieux insulaires, en particulier l'écologie dans les îles sub-antarctiques. La seule question concerne sa gestion: *il serait bon que celle-ci relève principalement, voire exclusivement, de la recherche, par exemple par le biais de l'IFRTP.*
5. Le renouvellement de la flotte est un impératif à court et moyen terme qui nécessite une programmation longue. *Le renouvellement des unités de la flotte hauturière est prévu et semble satisfaisant.* Les

⁹Il s'agit de comités créés sur une base géographique : le CIRMED (Comité Inter-Régional Méditerranée) et le CIRMAT, pour la Manche et l'Atlantique.

¹⁰ Il y a, néanmoins, lieu de vérifier que les possibilités de carottage n'entraînent pas un excédent de carottes par rapport au potentiel d'analyse de ces carottes.

options retenues pour le Nadir et le Surroît sont cohérentes avec les besoins de la recherche nationale. Le fait que ces navires soient utilisés par plusieurs institutions est un facteur positif qui doit motiver une décision rapide. *Le renouvellement de la flotte côtière ou de façade*, en particulier celle de l'INSU, est tout aussi important, non seulement pour ses fonctionnalités de recherche mais aussi pour son rôle essentiel dans la formation des futurs scientifiques. Ce point est important car il faut intégrer le renouvellement des équipes dans la réflexion, en particulier dans le cadre actuel de vieillissement de la population scientifique française.

6. *Le taux d'utilisation scientifique de la plupart des navires est compatible avec le besoin des équipes.* Il est en tous cas inférieur à celui d'autres groupes de disciplines : la «pression» des équipes sur la flotte est considéré comme satisfaisante. Si on admet que cette «pression» permet de garantir une qualité satisfaisante des demandes et des recherches, on doit s'interroger sur l'apport que la transformation de l'utilisation du MDII constituera. *La possibilité accrue d'effectuer des recherches, somme toute onéreuses, doit correspondre à une demande scientifique suffisante pour garantir le niveau de qualité des recherches.* La demande doit précéder l'offre. Il est à craindre que, carottier géant exclu, l'emploi accru du MDII ne vienne modifier le taux d'emploi scientifique du reste de la flotte hauturière ou abaisse la qualité des recherches en diminuant la «pression». La sous-utilisation du Thalia mériterait aussi d'être précisée afin de dégager un scénario pour l'avenir de la flotte de façade de l'IFREMER avant que le renouvellement du Thalia ne se pose. Actuellement, les 70 équipes océanographiques

peuvent organiser une campagne tous les deux ans; il conviendrait d'évaluer si un délai moins important entre deux campagnes serait compatible avec l'exploitation scientifique des données.

7. Toujours dans une optique plus généraliste, on peut se demander si certains moyens ne pourraient pas voir leur domaine de compétence élargi, par exemple l'utilisation de certains bateaux et de leur équipement pour l'étude de grands fleuves (c'est ainsi que l'idée a déjà été émise de l'utilisation de l'Antea pour une campagne sur l'Amazonie). Ceci est à relativiser en considérant que la demande est déjà forte par rapport aux capacités d'accueil; la marge est donc étroite pour étendre l'utilisation.
8. Une dernière question concerne la position de l'halieutique. Pour ce qui concerne la Métropole, pourquoi avoir placé ce secteur scientifique fortement finalisé à l'IFREMER: sans doute est-ce parce qu'il s'agissait de ressources marines. De fait, on s'aperçoit qu'aujourd'hui la logique est de plus en plus centrée sur les problématiques de l'évaluation, de la dynamique et de la gestion des ressources vivantes que sur le milieu dans lesquels celles-ci se développent. L'ORSTOM vient d'en tirer les conclusions en rapprochant les communautés d'halieutes des communautés plus centrées sur l'étude des ressources produites par les systèmes naturels continentaux (savanes, forêts et systèmes hydrologiques) et par des agronomes, pour les systèmes cultivés. De même, nos collègues néerlandais ont-ils inclus la question des pêches maritimes dans les universités et centres de recherche à vocation agronomique (par exemple, à Wageningen). De plus, l'étude et la gestion des ressources pis-

cicoles continentales sont déjà mises en oeuvre dans les instituts à vocation agronomique (ex: l'INRA). On peut donc se poser la question du positionnement actuel de l'halieutique marine à l'IFREMER, si ce n'est qu'un problème de logistique.

EN CONCLUSION

* L'évaluation scientifique a priori semble bien faite, une évaluation a posteriori serait souhaitable ainsi qu'un affichage plus précis des résultats marquants obtenus grâce à ces moyens.

* Le programme de renouvellement de la flotte hauturière de l'IFREMER est cohérent avec les besoins : le Nadir doit être remplacé afin de permettre la poursuite de l'exploration benthique et le Suroît modernisé répondra à une grande partie des besoins de la recherche. Dans ces deux cas, l'offre d'équipement semble bien correspondre à la capacité scientifique demandée. La rationalisation des moyens sera ainsi assurée. Ce programme apparaît comme raisonnable au plan budgétaire et les efforts en ce sens sont notables.

* Le MDII peut être mieux utilisé, ce qui rentabiliserait l'investissement consenti, mais il faut avant tout s'assurer que la capacité scientifique permettant son emploi sur des programmes de qualité existe. La gestion complexe devrait pouvoir être simplifiée avec pour objectif d'améliorer les utilisations scientifiques; elle pourrait être associée à une modification de la répartition des crédits entre IF RTP et TAAF : le MD-II ne devrait-il pas être mis en gestion à l'Institut français de recherche polaire (IF RTP) ?

* Les possibilités d'augmenter le temps de travail scientifique en mer sont réelles, de l'ordre de 15% pour l'ensemble de la flotte. Cette possibilité correspondrait à une rentabilisation de l'investissement lourd. On doit cependant vérifier la pertinence de cette proposition. L'aug-

mentation de l'offre doit correspondre à de réelles problématiques scientifiques et à la disponibilité des scientifiques. L'ouverture à des équipes étrangères, avec échange de temps navire ou compensation financière doit aussi être recherchée.

* Il semblerait nécessaire de renforcer les campagnes d'halieutique visant à comprendre les évolutions spatio-temporelles des ressources marines vivantes. Le rattachement de ce domaine à l'IFREMER ne semble plus correspondre à l'évolution scientifique actuelle.

* Le maintien de la capacité de la flotte de l'INSU à la recherche, mais aussi à l'enseignement, doit être un objectif majeur. Ceci conditionne les potentialités de recherche du futur par la formation des nouvelles générations de scientifiques dans le domaine marin

* La complémentarité des flottes océanographiques des autres pays européens est peu exploitée ; les raisons de cette situation doivent pouvoir être analysées. A terme, on pourrait envisager une mise en commun des moyens au niveau européen.

* Un bilan des complémentarités entre océanographie spatiale et océanographie traditionnelle doit pouvoir être présenté afin de mieux évaluer les besoins de travail à la mer.

* La France, en plus du MD-II, ne devrait-elle pas s'équiper d'un véritable navire polaire brise-glace ? Cette question, nous semble-t-il, mérite d'être posée à la lecture des rapports qui concernent le MDII et vu l'importance des régions polaires en termes scientifiques et géopolitiques.

* Enfin, l'utilisation de la flotte transcende largement les clivages administratifs. Il est nécessaire de reposer la question de l'adéquation des structures à la réalité de la recherche actuelle. Ceci permettrait aussi d'asseoir sur des

bases communes et potentiellement plus fortes la recherche internationale. Ne peut-on pas négocier alors une plus grande ouverture des moyens du Service Hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) ?

** Une étude plus précise de l'ensemble des moyens, objectifs et résultats de la recherche sur le monde marin serait souhaitable.*

TABLEAU 1

1) Navire	2) M.Service	3) Désamtl. prévu	4) Organisme	5) Long m	6) Ton- eaux	7) Type Nav	8) Zone	9) Prix MF	10) Coût/j Kf	11) % Utilisat	12) % Scientif
M-D II	1995	-	IFRTP/TAAF	120	10380	Haut	SubArt	556,5	190	73	37
Nadir	1974	2000	IFREMER	56	1857	Haut	Tt	300	46		
Suroît	1974	Modif	IFREMER	56	1094	Haut	Tt	250	68	83	55
Atalante	1991	-	IFREMER	85	3550	Haut	Tt	275	84		
Thalassa	1996	-	IFREMER	75	2900	Haut	Tt	177	73		
Antea	1996	-	ORSTOM	35	421	Haut	AtlTrop		27	67	57?
Alis	1986	-	ORSTOM	28	198	F	PacTrop		31**	68	61
Thalia	1978	?	IFREMER	25		F	Atl		27**	46	37
Gwen Drez	1976/85	?	IFREMER	24		F	Atl			66	61
Europe	1994	-	IFREMER	30		F	Med			76	68
Antedon	1958	2000	INSU	15,7		F	Med		0,05		
Côte d'Aquit.	1980	2000	INSU	19	88	F	Atl		0,26		
Sépia II	1981	2010	INSU	12,5		F	Atl		0,01	75	34
Pr G-P	1982	2000	INSU	20,4		F	Med		0,29		+8 Ens
Thétis II	1993	2013	INSU	24,9		F	Med		0,28		
Côte Manche	1997	-	INSU	24,9		F	Atl		-		
Armandia	1965	1999	INSU	9,4		Sta	Med				
Mysis	1962	1998	INSU	11,4		Sta	Atl				
Nereis	1961	dépassée	INSU	11,9		Sta	Med		0,05		
Rufi	1987	2005	INSU	7		Sta	Med				
Sagitta II	1985	2013	INSU	8,5		Sta	Med				
Velette II	1986	2005	INSU	7		Sta	Med				
Planula II	1964	?	INSU	11		Sta	Atl				
Garvel	1984	-	INSU	8,5		Sta	Atl				
Louis-Fage	1986	-	INSU	10,5		Sta	Atl				

TABLEAU 1 - DESCRIPTIF DE LA FLOTTE Océanographique

Haut : navire hauturier ; F : navire de façade ; Sta : navire de station.

J.-P. FLANDROIS CSRT 97 « Flotte océanographique »

TABLEAU 2 - PROGRAMMATION ET UTILISATION DE LA FLOTTE Océanographique

1) Navire	7) TypeNav	8) Zone	4) Organisme	13) Affréteur	14) Program. Scientif	15) Prog Missions	16) Org. Utilisateur	17) Utilisation scientifique	18) Programmes	11) % Utili	12) % Scien
M-D II	Haut	SubArt	IFRTP/TA AF	CGM	IFREMER / IFRTP	IFRTP		Océanographie, géologie, géophysique, physique et chimie atmosphère, écologie, bio-géochimie maritime/terrestre	Dorsales, J-GOFS, CLIVAR, IMAGES	73	37
Nadir	Haut	Tt	IFREMER	GENAVIR	IFREMER	IFREMER		Océano Physique et biologique 38 %			
Suroît	Haut	Tt	IFREMER	GENAVIR	IFREMER	IFREMER	INSU 45% - IFREMER 45% - ORSTOM 10%	écologie et halieutique 12%		83	55
Atalante	Haut	Tt	IFREMER	GENAVIR	IFREMER	IFREMER		géosciences 40%			
Thalassa	Haut	Tt	IFREMER	GENAVIR	IFREMER	IFREMER					
Antea	Haut	AtlTrop	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM +++ CNRS Universités IFREMER Org. Etranger	Halieutique ++ Climatologie + Ecologie + Thèses/DEA 4 Enseign. équipes locales etc.	VARGET Acoustique caraïbe ELISA SEDI PICOLO GUIDEM ECLAT/PIRATA	67	57?
Alis	F	PacTrop	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM	ORSTOM +++ CNRS Universités IFREMER Org. Etranger	Halieutique ++ Ecologie + Enseignement : 5 Thèses/DEA Enseignement équipes locales etc	ECOTAP TYPATOLL ECOTAP MUSORSTOM ECOTROPE SMIB PALEOCEAN	68	61
Thalia	F	Atl	IFREMER	GENAVIR	CIR (INSU)	IFREMER	IFREMER en majorité	Environnement 45% halieutique 18% technologie 16% géologie 10% OPCB 11%		46	37
Gwen Drez	F	Atl	IFREMER	GENAVIR	CIR (INSU)	IFREMER	(et PNOC, ICRAM)	Environnement 23% halieutique 55% technologie 20% OPCB 2%		66	61

TABLEAU 2 SUIVE

Europe	F	Med	IFREMER	GENAVIR	CIR (INSU)	IFREMER	IFREMER MAJORITÉ	Environnement 34% halieutique 48% technologie 10% géologie 5% biologie 3%		76	68
Antedon	F	Med	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)	CNRS ou associés Universités	Biologie 38%			
Côte d'Aquit.	F	Atl	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)		Géologie 24%			
Sépia II	F	Atl	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)		Chimie 15% Physique 4%		75	34
Pr G-P	F	Med	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)		Enseignement 1000 étudiants, 120 DEA/DESS, 100 thèses			+8 Ens
Thétis II	F	Med	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)					
Côte Manche	F	Atl	INSU	INSU	CIR (INSU)	CIR (INSU)	CNRS/INSU Universités	Océanologie côtière			
Armandia	Sta	Med	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.		Enseignement			
Mysis	Sta	Atl	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.					
Nereis	Sta	Med	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.					
Rufi	Sta	Med	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.					
Sagitta II	Sta	Med	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.					
Velette II	Sta	Med	INSU	INSU	OBS OC.	OBS OC.					
Planula II	Sta	Atl	INSU	SM Arcachon	SM	SM					
Garvel	Sta	Atl	INSU	SM Concarneau	SM	SM					
Louis-Fage	Sta	Atl	INSU	SM Dinard	SM	SM					
1) Navire	7) TypeNav	8) Zone	4) Organisme	13) Affréteur	14) Program. Scientif	15) Prog Missions	16) Org. Utilisateur	17) Utilisation scientifique	18) Programmes	11) % UN	12) % Scien

TABLEAU 2) PROGRAMMATION ET UTILISATION DE LA FLOTTE OcéANOGRAPHIQUE
SUIVE

Avis

sur les Très grands équipements de l'Astronomie

(rendu le 18 novembre 1997)

Après avoir entendu un rapport faisant le tour de l'état de la science astronomique et de ses Très Grands Equipements (cf. Rapport ci-après), le Conseil a adopté six recommandations concernant la politique à adopter vis-à-vis du développement de ces TGE :

1. Il faut accorder une priorité au développement d'expériences qui se situent dans les grandes perspectives d'avenir de l'astronomie: interféromètre de l'ESO au Chili, détecteur d'ondes gravitationnelles VIRGO et sa liaison avec le futur observatoire américain LIGO, mission MARS 96 renouvelée, mission INTEGRAL, mission XMM.
2. Il convient de rechercher, autant que faire se peut, les financements coopératifs internationaux, par l'élargissement des programmes existants à d'autres participants, et la fusion de projets concurrents dont la double ou multiple existence ne se justifie pas sur le plan international, ainsi que cela a déjà été réalisé en quelques occasions.
3. Il faut prêter une particulière attention au financement des grands projets spatiaux pour lesquels le vecteur prévu est Ariane 5 : MARS 96 renouvelé, XMM, ROSETTA. D'une manière plus large, il faut accorder à l'astronomie spatiale une priorité dans l'expression des besoins formulés par la communauté scientifique et transmis par les autorités de tutelle aux agences spatiales nationale et internationales dans lesquelles ces autorités françaises ont vocation à préformer les choix.
4. Il convient d'examiner avec soin l'opportunité de conserver des instruments français de moindre importance, avec les moyens de leur fonctionnement en personnels, notamment en tant qu'outils de formation des jeunes, mais aussi de faire procéder à une enquête rétrospective sur les débouchés offerts aux jeunes diplômés en astronomie, et, dans la perspective d'un développement de l'enseignement de l'astronomie en France, d'envisager d'associer plus étroitement les Universités à la gestion scientifique et matérielle de ces appareils.
5. Il faut inciter la communauté astronomique française à développer ses relations avec la communauté scientifique, et à mieux s'impliquer dans les projets de Recherche-Développement liés aux transferts de technologies innovantes induits par les progrès de l'instrumentation scientifique dans cette discipline.
6. Enfin, il est recommandé de :
 - * développer les moyens d'archivage et de traitement des données recueillies par les TGE et les grandes missions spatiales ;
 - * renforcer leur potentiel par la mise en réseau des banques de données, facilitant leur accès international par voie électronique;
 - * susciter pour l'avenir un programme européen dans lequel le réseau français pourrait s'intégrer.

ANALYSE DES DOCUMENTS CONCERNANT L'ASTRONOMIE

Rapport de
M-O. GEBUHRER et H. JULLIEN
(adopté en Séance plénière le 18 novembre 1997)

L'astronomie est une science purement spéculative, du moins en apparence. Tout en utilisant les outils mathématiques les plus fondamentaux et les plus abstraits, elle est la science d'observation par excellence. Par définition, les objets de cette observation sont situés à une distance telle de l'observateur qu'ils lui sont matériellement inaccessibles, à l'exception, et depuis peu, du plus proche d'entre eux, la Lune. En revanche, son histoire remonte aux origines les plus lointaines de la civilisation, et, comme telle, fait partie intégrante de toute culture. Comme la paléontologie et la préhistoire qui nous permettent d'explorer les origines de l'humanité, l'astronomie nous permet d'explorer les origines de l'univers ; pour cette raison, ces sciences bénéficient de relations privilégiées avec la société, et d'une aura certaine dans le grand public.

L'attente vis-à-vis de l'astronomie est double : d'une part, le suivi systématique des phénomènes naturels, parmi ceux qui sont de son ressort et qui peuvent influencer la vie quotidienne (l'activité solaire et ses effets sur l'environnement terrestre, par exemple), et, d'autre part, nourrir l'intérêt culturel considérable manifesté depuis quelque temps, en particulier par les jeunes, pour une science qui confine quelquefois aux grandes questions philosophiques ou métaphysiques. Un Etat qui s'est donné la mission de développer les connaissances scientifiques les plus fondamentales se doit donc de fournir à ses astronomes et à leurs collaborateurs les moyens instrumentaux nécessaires pour remplir cette mission. Et l'essentiel de ces moyens ins-

trumentaux est ici effectivement constitué de Très Grands Equipements.

Les documents que nous avons examinés pour établir ce rapport sont au nombre de cinq :

1. Rapport sur le Forum Mégascience de l'OCDE (octobre 1992) ;
2. Rapport de prospective de la section 14 du Comité national de la recherche scientifique et de la commission spécialisée de l'INSU (octobre 1995) ;
3. Rapport annuel du Conseil des grands Equipements scientifiques (mars 1996) ;
4. Rapport de conjoncture de la Section 14 du Comité national de la recherche scientifique (1996) ;
5. Note interne du MENRT/DGRT, par B. SAYER (juillet 1997).

I - ETAT ACTUEL DE LA SCIENCE

Ce domaine scientifique se caractérise par un champ d'expérience à la mesure de l'immensité de l'univers qu'il se propose d'explorer. Et il est, comme l'univers, en expansion. Non seulement les objets à observer sont de plus en plus lointains, mais les disciplines scientifiques connexes, auxquelles les astronomes font de plus en plus appel et auxquelles en contrepartie ils fournissent des informations de plus en plus précises, sont aussi de plus en plus nombreuses :

physique fondamentale, physique des ondes en espace libre, physique nucléaire, physique des particules, chimie des origines de la matière solide, voire même de la matière vivante... D'autres peut-être sont appelées à émerger. En effet le temps n'est plus depuis longtemps où l'on se limitait à l'observation d'objets visibles, à l'œil nu ou à l'aide d'instruments purement optiques.

Les objets les plus éloignés sont les galaxies lointaines: elles sont éloignées à la fois dans l'espace et dans le temps, puisque leur lumière ou la manifestation électromagnétique ou corpusculaire de leur existence a mis des milliards d'année à nous parvenir: nous découvrons ainsi les secrets de la formation des étoiles et nous touchons aux débuts de l'univers, le "big bang".

Les galaxies plus proches, y compris la nôtre même, ne nous sont pas pour autant connues dans tous leurs détails. La récente découverte de la galaxie géante Dwingeloo, pourtant très proche ("seulement" 15 millions d'années-lumière), mais masquée jusqu'à présent par la Voie Lactée, est là pour en témoigner. Et, loin d'être un vide absolu, l'espace interstellaire et intergalactique laisse discerner des objets de toute nature, notamment atomique ou moléculaire, mais aussi des sources invisibles, qui se manifestent par des rayonnements électromagnétiques de diverses longueurs d'onde. L'un des grands thèmes de l'astronomie contemporaine réside dans l'étude de cette "matière noire", cent fois plus abondante que la matière visible de l'univers, mais qui n'a été détectée jusqu'à présent que par ses effets gravitationnels.

Encore plus près de nous, le Soleil reste un sujet de très grand intérêt, précisément en

raison de sa proximité et de la relative facilité de son observation, plus fine et plus documentée que celle des étoiles plus lointaines. L'activité solaire, les émissions électromagnétiques et corpusculaires qui l'accompagne, l'examen de couches superficielles fournissent de précieuses indications sur la vie des étoiles et les réactions nucléaires et plasmiques dont elles sont le siège: la très grande majorité de la matière visible de l'univers est en fait dans l'état de plasma. En outre, le vent solaire est le principal agent de l'interaction matérielle du soleil avec l'environnement des objets du système solaire et la matière interstellaire.

Enfin, les planètes du système solaire et leurs satellites deviennent de plus en plus accessibles grâce aux progrès de l'astronautique. Les planètes géantes ont peu évolué dans le temps, et sont donc de bons témoins de la nébuleuse primitive et du passé des planètes telluriques. Les comètes, à l'occasion de leur passage au voisinage de la Terre, font également l'objet d'observations intéressantes.

Du seul rayonnement visible par l'œil humain aux origines, le spectre s'est étendu d'une part, vers les plus grandes longueurs d'onde, à l'infrarouge proche, puis de plus en plus lointain, aux radiofréquences submillimétriques, millimétriques et centimétriques, et d'autre part, vers les courtes longueurs d'onde, à l'ultraviolet et aux longueurs d'onde ionisantes: rayons X, rayons gamma de haute énergie. La diversification et le perfectionnement des appareils, avec pour conséquence la diversification des objets observés, a ainsi amené la science astronomique à se subdiviser en plusieurs branches: astronomie d'observation, radioastronomie, astrophysique, planétologie. Les tra-

vaux sont ainsi regroupés en cinq grandes thématiques: la cosmologie primordiale (big bang, ondes gravitationnelles, création des galaxies), l'étude des galaxies, la matière interstellaire, le soleil, les systèmes planétaires.

Par ailleurs, l'astronomie contemporaine utilise deux sortes de moyens expérimentaux: les instruments traditionnels, installés à la surface de notre planète et les instruments spatiaux, qu'il s'agisse de laboratoires orbitaux, tournant autour de la terre pour se dégager des perturbations dues à l'atmosphère, ou qu'il s'agisse de sondes spatiales expédiées vers un astre, soit pour s'y poser, soit pour l'observer à partir d'une trajectoire orbitale ou tangentielle.

Les auteurs de rapports s'accordent pour apprécier que ces instruments, télescopes optiques de plus en plus grands, spectromètres à toutes longueurs d'onde, interféromètres, permettent maintenant de couvrir l'ensemble du spectre des longueurs d'onde d'observation de manière convenable. Les progrès expérimentaux à réaliser sont dès lors du domaine soit d'une sensibilité augmentée, pour détecter des objets de plus en plus lointains, soit d'un pouvoir de résolution accru, pour mieux discerner les détails.

Or, ces caractéristiques sont pour beaucoup fonction de la taille des instruments. Nous nous trouvons donc confrontés à une croissance inflationniste de leurs dimensions: dans le gigantisme des appareils au sol, d'une part, pour en augmenter les performances, dans l'usage des missions spatiales d'autre part, dont le coût individuel est très élevé, avec un risque d'échec relativement important. Pour les premiers, les grands télescopes optiques du VLT (Very

Large Telescope) de l'ESO sont d'un diamètre de 8 mètres, le diamètre des grands télescopes américains Keck à Hawaii sont de 10 mètres, et il existe un projet européen BET (Big European Telescope, à installer aux îles Canaries) qui pourrait atteindre 13 mètres (rappelons que les télescopes français de l'Observatoire de Haute-Provence ou du Pic du Midi ne dépassent pas 2 mètres). Les radiotélescopes ne le cèdent en rien en gigantisme: 45 mètres au Japon (Nobeyama), 64 mètres en Australie (Australian Telescope National Facility, ATNF), 100 mètres en Allemagne (Effelsberg) et aux Etats-Unis (Green Bank, Virginie), 305 mètres à Porto-Rico (Arecibo) pour le radiotélescope américain de l'Université Cornell.

Pour les missions spatiales, Ariane 5 est maintenant l'un des plus puissants lanceurs disponibles, avec la fusée russe Proton également utilisée dans des missions internationales, pour certaines desquelles l'astronomie française est partie prenante (par exemple la mission INTEGRAL d'études des rayons gamma, voir ci-après). la récente réussite du deuxième lancement de qualification d'Ariane V, à mission non astronomique, nous fait encore plus regretter l'échec de la première mission, qui emportait les satellites de la mission Cluster d'observation du soleil.

En outre, dans l'un et l'autre cas, le pouvoir de résolution est considérablement augmenté par l'utilisation des méthodes interférométriques. La tendance est donc de multiplier les appareils et de les coupler, ou de les faire travailler en réseau: couplage des télescopes optiques du VLT de l'ESO, ou des télescopes Keck des USA à Hawaii, réseaux des radiotélescopes du VLBI (Very

Large Base Interferometer) ou de l'ATNF australien, par exemple. Cette technique gagne maintenant l'astronomie spatiale: projet Horizon 2000+ de l'Agence Spatiale Européenne (à partir de 2006).

Cette tendance au gigantisme des instruments a conduit la communauté scientifique internationale à pratiquer une politique de collaboration et de financements collectifs, à travers des programmes bi ou trilatéraux et des programmes menés par des agences internationales, telle l'ESA. Près de 75 % des Très Grands Equipements en astronomie sont maintenant financés de manière internationale. Seuls les USA et le Japon mènent encore des projets purement nationaux.

Ce recours au financement international est évidemment facilité par le fait que cette science de connaissance pure est sans impact économique, du moins en apparence. La concurrence internationale entre équipes de chercheurs, si elle existe, n'est pas évidemment motivée par des motifs financiers. Les projets sont donc établis par les communautés scientifiques en toute liberté, et en général présentés aux décideurs financiers sur la base d'un consensus scientifique. Les techniciens réalisent ensuite les instruments nécessaires en fonction de ces demandes, effectuées de manière plus souvent complémentaires que concurrentielles.

Mais, en réalité, la réalisation d'outils de cette ampleur oblige à de nombreuses recherches, tant fondamentales que techniques et technologiques. Il est certain que les progrès ainsi réalisés sont ensuite réutilisés dans d'autres champs technologiques. Dans le domaine de l'astronautique, les retombées économiques de la conquête de la Lune par les missions Apollo sont loin d'être négligea-

bles ; la commercialisation, par la NASA et ses sous-traitants, de procédés, de matériaux spécifiques et de produits dérivés, de très haute qualité technologique, intègre les coûts de la recherche. Les Etats-Unis se remboursent ainsi des travaux effectués en miniaturisation des systèmes électroniques et informatiques, en science des matériaux,...

On estimera qu'il peut en être de même pour les TGE de l'astronomie. La très grande réputation de l'industrie française de la verrerie optique, par exemple, lui a déjà permis de longue date d'équiper de nombreux appareils, en particulier pour les missions dans l'espace. La participation importante de la France à l'Agence Spatiale Européenne, pour la construction des lanceurs Ariane, ainsi que les grandes compétences françaises en matière de conception et de réalisation de satellites artificiels, bien reconnues internationalement, devraient fournir un argument de poids à la communauté scientifique astronomique. Toutefois, l'efficacité en serait plus grande si les fournisseurs de moyens, et en particulier le CNES, se mettaient mieux à la disposition des chercheurs en fonction des projets scientifiques, alors que c'est l'inverse qui est pratiqué: ce sont les scientifiques qui doivent conformer les programmes d'observation au choix de vecteurs qui leur est proposé par les fournisseurs de lanceurs et de satellites.

Par ailleurs, l'étude des matériaux appropriés aux TGE et de leurs procédés d'élaboration ne sont et ne seront pas sans incidence dans l'avenir, notamment en matière d'emplois dans les industries concernées.

II - SITUATION INTERNATIONALE

La communauté internationale regroupe environ 10 000 chercheurs, dont 5 800 astronomes. Il semble d'ailleurs qu'elle soit confrontée au même problème que l'ensemble de la communauté scientifique française: un vieillissement de la pyramide d'âge des personnels, avec un taux très important de départs à la retraite au début du siècle prochain. Nous retrouvons bien sûr la même situation pour la communauté astronomique française.

Cette science est donc largement tributaire de Très Grands Equipements, qui se répartissent pour moitié en grands appareils installés au sol et pour moitié en missions dans l'espace. Pour l'OCDE, ces TGE représentent, suivant les pays, entre 32 et 77 % des budgets consacrés à l'astronomie, soit en moyenne 52 % d'un budget qui représente, suivant les cas, entre 1,0 et 2,6 % du BCRD des états membres de l'OCDE.

Il ne peut être question ici de recenser par le menu tous les instruments existants: on se bornera à citer les plus marquants d'entre eux, de façon à discerner les grandes lignes de la politique mondiale en matière de TGE pour l'astronomie.

Grands télescopes optiques

Il existe de nombreux télescopes de 4mètres, soit nationaux, soit internationaux. Les USA en possèdent 3, implantés en Arizona, en Californie (Mont Palomar) et au Chili. Des coopérations internationales gèrent des instruments à Hawaii (CFHT Canada-France-Hawaii Telescope, UKIRT United Kingdom Infrared Radio Telescope, etc.), aux Canaries, au Chili (European

Southern Observatory ESO, huit pays européens participent à son financement), en Australie (coopération anglo-australienne). Dans la classe des 8 mètres, seul le Japon possède en propre un télescope installé à Hawaii; tous les autres sont le fruit de collaborations internationales: 2 télescopes italo-américains en Arizona, un dispositif dit "Gemini" de deux appareils (6 nations collaborent à leur financement), un groupe de 4 télescopes du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO en cours de réalisation au Chili (achèvement prévu vers 2002). Enfin, dans la classe des 10 mètres, pour l'instant seuls les Etats-Unis possèdent en propre 2 télescopes (Keck) à Hawaii.

Actuellement, le seul très grand projet international est la réalisation du LEST (Large Earth Based Solar Telescope, Europe-USA-Israël) destiné à l'observation du soleil. Sont envisagés à terme plus lointain et non encore fixé: le Big European Telescope (BET) de plus de 10 mètres, projet européen à installer aux Canaries et un gigantesque télescope de 25 mètres, étudié par la Suède et la Finlande, projet auquel d'autres participants seront appelés à se joindre.

En 1992, la valeur de remplacement ou le coût de construction de chacun de ces appareils égalait ou dépassait 100 millions de dollars.

Radiotélescopes

Outre les grands radiotélescopes de Nobeyama (Japon, 45m), de l'ANTF (Australie, 64m), de l'Effelsberg (Allemagne, 100 m), de Green Bank (USA, 100m également), et d'Arecibo (Porto-Rico /USA, 305 m), déjà cités, on peut mentionner les 14 antennes de 25mètres de Westerbork (Pays-Bas), le Ve-

ry Large Array de Socorro (Nouveau Mexique, USA), le radiotélescope russe RATAN 600 de Zelentschuk (Russie), et pour les instruments internationaux, le télescope James Clark Maxwell de 15 mètres (Royaume Uni, Pays-Bas, Canada) et enfin le réseau VLBI (Very Long Base-line Interferometer, consortium de 9 instituts européens, gérant 12 radiotélescopes).

Parmi les projets: deux projets en ondes millimétriques, un japonais et un américain, et un projet de réseau radio à grand champ (Canada, France, autres à déterminer).

Ici aussi, le coût de chaque instrument est d'au moins 100 millions de dollars.

Observatoires spatiaux

Un grand nombre de missions sont actuellement en activité ou projetées. De nombreuses missions de moyenne importance sont encore financées de manière unilatérale par les USA, le Japon ou la Russie; par exemple:

- COBE (Cosmic Background Explorer), USA, 1989;
- EUVE (Extreme Ultraviolet Explorer), USA, 1992;
- ASTROD (Satellite astronomique à rayons X), Japon, 1993;
- RELICT2 (rayonnement cosmologique), Russie, 1994;
- IRTS (Infrared Radio Explorer), Japon, 1995;
- SWAS (Sub-millimetric wave astronomic satellite), USA, 1995;
- FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer), USA, prévu en 2000;
- etc.

D'autres missions moyennes sont financées de manière internationale :

- GRANAT (étude du rayonnement gamma, télescope SIGMA), France-Russie, 1989;
- HIPPARCOS (satellite astrométrique), ESA, 1989;
- ROSAT USA-Allemagne, 1990;
- SAX (Satellite astronomique à rayons X), Italie-Allemagne-Pays-Bas, 1994;
- ODIN (rayonnement sub-millimétrique), Suède-Pays Bas-Finlande-Canada, 1996;
- etc.

Le coût de chacune de ces missions était de 100 à 400 millions de dollars en 1992.

En revanche, pour ce qui est des mission plus lourdes (au-dessus de 400 millions de dollars), le financement international devient la règle:

- HST (Hubble Space Telescope), USA-ESA, 1990;
- GRO (Gamma Ray Observatory), USA-Allemagne, 1991;
- ISO (Infrared Space Laboratory), ESA, 1995;
- XMM (X-Ray Multi Mirror Mission), ESA, prévu en 1999;
- SPECTRUM X Gamma, Russie-USA-Europe-Canada, 1995-1997;
- SPECTRUM UV, Russie-Ukraine-Italie-Allemagne, 1995-1997.

Mais qu'il s'agisse de missions moyennes ou de missions lourdes, les projets à échéance plus lointaine sont presque toujours financés de manière internationale :

Missions moyennes:

- PRISMA (sismologie et activité solaire), ESA, 2000;
- INTEGRAL (rayonnement gamma), ESA-USA-Russie, 2001;
- MARSNET (système solaire) ESA-USA, 2000?

Missions lourdes:

l'ESA prévoyait une "pierre angulaire", la mission FIRST (Far Infra Red and Sub-millimetric Space Telescope) après l'an 2000. Mais pour des raisons budgétaires, FIRST sera fusionné avec le projet COBRAS-SAMBA dans la mission PLANCK-SURVEYOR (ESA-USA, vers 2005). Par ailleurs, les USA ont encore des projets purement nationaux (SIRTF Space Infrared Telescope, vers 2000; OSL Orbiting Solar Laboratory ?).

Sondes planétaires

Les sondes planétaires se classent également en missions moyennes (100-400 millions de dollars) et lourdes (au-dessus de 400 millions de dollars), avec les mêmes caractéristiques de financement, national ou international :

Missions moyennes:

- ULYSSE (observation des pôles solaires) USA-ESA, 1990;
- MARS OBSERVER, USA, 1992;
- EURECA (observation solaire et micro-gravité), ESA, 1992;
- KORONAS (physique solaire), Russie, 1994;
- CASSINI-HUYGENS (Saturne et Titan), USA-ESA, 1997.

Parmi les missions lourdes, CLUSTER (ESA) était prévue en 1995, pour le premier lancement d'Ariane V. Cette mission pourrait être renouvelée en 2002.

Ondes gravitationnelles

Il convient de signaler les deux projets (en cours de réalisation) d'instruments d'étude des ondes gravitationnelles:

- VIRGO, projet franco-italien;
- LIGO (Laser Interferometer Gravitational Observatory), USA.

Enfin, il convient d'ajouter la future station orbitale internationale, qui n'est pas exclusivement destinée aux observations astronomiques, mais pour laquelle il existe des projets non encore évalués.

III - SITUATION FRANCAISE

La communauté française regroupe environ 2000 personnes, dont 900 chercheurs (650 permanents, 150 doctorants et 80 post doctorants, 1 100 ITA). Cet effectif de chercheurs en astronomie représente environ 8 % de la communauté internationale.

Pour l'essentiel, les astronomes français bénéficient de l'accès aux grands appareils construits en collaboration internationale, avec participation financière de la France. En outre la collaboration de chercheurs français à des programmes scientifiques internationaux leur donne le cas échéant accès à des instruments au financement desquels la France n'a pas participé.

Grands télescopes optiques

Dans le domaine de l'astronomie optique terrestre la France participe:

- au télescope franco-canadien de Hawaii (CFHT);
- au télescope solaire franco-italien THEMIS, installé aux îles Canaries;
- à l'Observatoire Européen austral (ESO), installé au Chili (deux télescopes de 3,60 mètres à La Silla, et quatre de 8 mètres, en construction au Paranal, ainsi qu'un certain nombre de petits télescopes de 2 mètres, dont certains peuvent fonctionner en interférométrie; toutefois des difficultés financières existent, par suite du dépassement du budget initial.

Dans la course au gigantisme que nous constatons, il faut se demander s'il est nécessaire que l'astronomie française ait accès à l'un des grands télescopes de l'hémisphère Nord, dans l'attente du projet européen BET aux Canaries, dont la réalisation est assez lointaine.

Radio télescopes

A côté du radiotélescope décimétrique de Nançay, déjà ancien mais qui sera toujours compétitif après sa modernisation, la participation française à l'IRAM (Institut de Radio-Astronomie Millimétrique), en collaboration avec l'Allemagne et l'Espagne, donne accès à l'interféromètre du plateau de Bure, près de Gap et aux installations du Pico Valeta, près de Grenade, en Espagne (radiotélescope de 30 mètres). L'adhésion de l'Espagne au projet initialement prévu par la France et l'Allemagne a permis de diminuer la part de financement de chacun des deux participants initiaux. On peut se

demander si les difficultés de financement de l'ESO ne pourraient pas se résoudre de la même façon, par l'adhésion de nouveaux participants au projet.

Les astronomes français ont également accès au radiotélescope SEST (Swedish ESO Sub-millimeter Telescope), à La Silla au Chili, et au réseau scandinave EISCAT, en collaboration avec la Norvège.

Observatoires spatiaux

La France est évidemment associée aux missions de l'Agence Spatiale Européenne et participe également à des missions bilatérales, notamment franco-russes et franco-américaines :

- HIPPARCOS, satellite astrométrique de l'ESA; mesure de la distance d'un grand nombre d'étoiles (en cours);
- GRANAT, étude du rayonnement gamma, télescope SIGMA, France-Russie (en cours);
- ISO, observatoire spatial infra-rouge de l'ESA; étude de la formation des étoiles et de la matière interstellaire (en cours);
- ULYSSE, observation des pôles du soleil, ESA-NASA (en cours);
- SOHO (Solar Heliosphere Observatory), études de la structure interne du soleil, de la structure fine de la couronne solaire et du vent solaire (ESA);
- CASSINI-HUYGENS, pour l'étude de Saturne et de son satellite Titan (ESA-USA), récemment lancé avec succès;
- XMM (X-Ray Multi Mirror Mission), équipé de 3 télescopes d'analyse des rayonnements X (ESA), lancement par Ariane V prévu en 1999;
- INTEGRAL, projet international d'étude du rayonnement gamma, (ESA-USA-

Russie), lancement par une fusée russe Proton prévu en 2001;

- PLANCK-SURVEYOR de radioastronomie spatiale dans le domaine submillimétrique (ESA-USA), prévu vers 2005;
- ROSETTA, dont le projet d'exploration du noyau de la comète P-Wirtanen (par plusieurs sondes (2 atterrisseurs et une sonde en orbite)) doit être réduit, par suite du retrait américain. Le lancement d'un atterrisseur unique par Ariane 5 pourrait avoir lieu en 2003.

L'échec des missions MARS 96 et CLUSTER (ESA-Russie) pose le problème du financement de missions de remplacement. L'économie réalisée par la fusion des missions FIRST et PLANCK-SURVEYOR permettra à l'ESA de financer le remplacement de CLUSTER. Le remplacement de MARS 96 pourrait être obtenu par l'élargissement de son financement à d'autres participants (NASA?).

Enfin, la France devrait participer aux grands projets Horizon 2000+ de l'ESA, après 2005 : lancement d'un satellite autour de Mercure, d'un interféromètre prolongeant les résultats d'HIPPARCOS (projet GAIA), d'un détecteur d'ondes gravitationnelles par interférométrie entre plusieurs satellites (projet LISA).

Ondes gravitationnelles

En attendant cette mission spatiale LISA, la France participe activement au projet de détecteur d'ondes gravitationnelles au sol VIRGO, en cours de réalisation en Italie.

IV - COMMENTAIRE SUR LA SITUATION FRANCAISE

La visibilité de la communauté astronomique française se place sur plusieurs niveaux : celui de ses relations avec les autres disciplines scientifiques, celui de sa participation aux transferts des innovations techniques réalisées à sa demande pour les progrès de l'instrumentation astronomique, enfin celui de son audience dans le grand public.

Sur ce dernier plan son effort de communication et de vulgarisation est exemplaire, à travers diverses publications et opérations médiatiques. Elle répond assez bien à l'attente d'un public passionné qu'elle « sait faire rêver ». On peut même dire que cette réussite rejaillit sur toute la communauté scientifique française, en donnant d'elle une image particulièrement favorable.

En revanche, malgré l'aspect scientifiquement et techniquement très multidisciplinaire de cette science, il est regrettable que la communauté des astronomes n'entretienne que peu de rapports scientifiques avec les chercheurs des autres disciplines. De même, elle s'implique trop peu dans le transfert des nouveaux acquis technologiques obtenus par les progrès de l'instrumentation qu'elle induit, alors que l'on pourrait trouver là des sources intéressantes de développement et d'emplois. Bref, dans l'esprit des milieux scientifiques et technico-économiques, elle conserve un aspect « tour d'ivoire » qui jure malencontreusement avec son image dans le grand public.

Pour ce qui concerne sa mission de formation par la recherche, la situation des jeunes diplômés, comme dans beaucoup

d'autres secteurs scientifiques, est devenue malheureusement très préoccupante. Dans les disciplines de l'astronomie les débouchés sont particulièrement restreints. Bien qu'il soit utopique de vouloir au commencement d'une thèse prévoir la situation de l'emploi trois ou quatre ans plus tard, une étude rétrospective, par les universités concernées, du devenir des étudiants qu'elles ont formés dans ces disciplines ces dernières années, donnerait une meilleure visibilité des perspectives offertes aux jeunes qu'elles attirent.

D'autre part, les stages post-doctoraux des étudiants formés en France sont, pour la plupart, effectués à l'étranger, tandis que la France offre trop peu de possibilités de ce genre aux jeunes docteurs, français ou étrangers. La communauté scientifique française perd ainsi un important potentiel d'innovation dans ce domaine, si l'on considère que c'est la période optimale d'activité pour beaucoup de jeunes chercheurs.

Au plan des stratégies, la communauté astronomique française est présente à un bon niveau dans presque tous les domaines:

- en exploration de l'univers lointain, par une approche multi-longueurs d'onde, au moyen des missions spatiales GRANAT/SIGMA, XMM, INTEGRAL, ou des expériences terrestres: GALLEX (étude des neutrinos). En spectrométrie X, la situation est toutefois actuellement moins assurée qu'en spectrométrie gamma: il faudra attendre le lancement de la mission XMM en 1999 pour atteindre le plus haut niveau international. Enfin, en spectrométrie UV, nous restons tributaires de collaborations avec les USA (Mission FUSE/LYMAN);
- en astronomie optique, d'une part par la participation aux actuelles missions spatiales HUBBLE et HIPPARCOS, et à la future mission astrométrique GAIA, d'autre part au sol par l'accès au CFHT de Hawaii (pour 45 %), et aux installations de l'Observatoire Austral Européen au Chili (télescopes de 3,50 mètres et futur VLT, pour 25 %). La communauté française s'inquiète, cependant, de ne pas avoir accès à un grand télescope de la classe 10 mètres de l'hémisphère Nord, avant la réalisation éventuelle et assez lointaine d'un tel instrument sous l'égide de l'Europe (BET?);
- en astronomie infrarouge, pour laquelle le recours aux missions spatiales est obligatoire, la France participe au projet ISO (Infrared Spatial Observatory) de l'ESA; à plus long terme, la mission PLANCK-SURVEYOR lui ouvrira les portes du sub-millimétrique spatial;
- en radioastronomie, le radiotélescope de Nançay rénové et la participation à l'IRAM sont assez performantes; la participation à divers projets d'avenir ouvre des perspectives intéressantes en ondes décimétriques (Square Kilometer Array aux Pays-Bas) et en ondes millimétriques (projet du Large Southern Array ESO + IRAM); notons au passage l'inquiétude des astronomes face à la pollution électromagnétique croissante de l'environnement terrestre par des signaux dus à raison de la prolifération des systèmes de communication de toutes sortes, notamment par satellites: ces signaux perturbent et compliquent de plus en plus la réception de ceux, souvent faibles, venus de l'espace;
- en exploration solaire, au sol par le réseau européen EISCAT, dans l'espace par l'actuelle mission ULYSSE, et les futures

missions SOHO et CLUSTER si la deuxième tentative de celle-ci est confirmée ;

- en exploration planétaire, participation à la mission CASSINI-HUYGENS vers Saturne et Titan, à la mission MARS 96 si celle-ci est renouvelée après son échec, et aux missions prévues dans le programme Horizon 2000+ de l'ESA.

Si l'on suit les conclusions de Malcolm S. Longair au Forum Mégascience de l'OCDE, l'astronomie du 21ème siècle développera particulièrement cinq domaines: l'interférométrie optique, la sismologie stellaire, l'astronomie des rayons gamma de haute énergie, l'astrophysique des neutrinos et l'étude des ondes gravitationnelles et de la matière noire. L'astronomie française est aussi présente pour travailler dans ces perspectives:

- en interférométrie optique: sur le site de l'ESO au Chili;
- en sismologie stellaire: participation aux réseaux STEPHI et WET, expérience EURIS du projet MARS 96 (si celui-ci est renouvelé);
- en astronomie gamma: mission CRANAT/SIGMA en cours et projet INTEGRAL prévu en 2001;
- en astrophysique des neutrinos et étude de la matière noire: expérience GALLEX en cours (tunnel du Gran Sasso en Italie), spectrométrie diverses;
- pour l'étude des ondes gravitationnelles: dispositif VIRGO en cours de réalisation et mission spatiale LISA projetée.

La France participe donc à un certain nombre de programmes internationaux. Compte tenu de la tendance générale au gigantisme des appareils, il ne saurait en

être autrement: la coopération internationale est pour nous une règle maintenant incontournable. Une des caractéristiques de ces programmes est leur longue durée: au moins dix ans à partir de la conception du projet pour qu'un instrument au sol devienne pleinement opérationnel, vingt ans et plus d'activité avant qu'il devienne obsolète. Il est donc très difficile de renier des engagements internationaux d'une telle ampleur, à partir du moment où leur réalisation est acquise et leur financement décidé. Dans quelques cas, on a pu constater soit la fusion de projets concurrents (Planck-Surveyor), soit l'apport de nouveaux participants à des programmes en cours, ce qui voit alléger la part des participants initiaux (adhésion de l'Espagne à l'IRAM pour 6 %, élargissement prévu du projet MARS 96 à la NASA). On considérera qu'il s'agit là de solutions intéressantes pour diminuer le coût national des très grands projets.

On doit, cependant, mentionner que la participation financière à la construction d'un instrument permet de bénéficier de temps d'observation ("nuits") proportionnels à cette participation: 42,5 % pour le CFHT d'Hawaii, par exemple, ou 25 % pour l'Observatoire Austral Européen au Chili, ce qui offre des possibilités beaucoup plus intéressantes pour l'accroissement de nos connaissances. Cet argument devrait inciter les pouvoirs publics à soutenir davantage les projets pour lesquels la France est partenaire-constructeur que les programmes scientifiques effectués en collaboration sur d'autres appareils.

Par ailleurs, nous disposons encore d'instruments nationaux dont l'inutilité et l'obsolescence ne sont pas toujours clairement établies. En effet, les analyses internationa-

les s'accordent également sur le fait que les "petits" instruments encore en activité restent indispensables, pour les missions de routine, pour les observations de complément, ou pour des missions précises ne nécessitant pas d'appareil plus puissants (télescopes "dédiés"). Comme beaucoup de scientifiques, les astronomes (pas seulement français!) sont réticents à voir cesser l'activité d'instruments anciens, mais qui leur donnent encore satisfaction. Certes, il convient de se méfier de ce qui ne pourrait être qu'une argumentation de circonstance, quant à la demande des intéressés de prolonger la vie opérationnelle de certains instruments. Toutefois certains de ces arguments ne manquent pas de poids, alors que ces outils peuvent encore procurer d'heureuses surprises : n'oublions pas que c'est un télescope de 2 mètres de l'Observatoire de Haute-Provence qui a récemment découvert la première planète observée hors du système solaire. En outre, ces "petits" observatoires peuvent jouer un rôle important pour la formation des jeunes, qui sera dans un avenir proche un problème crucial, car, ainsi qu'il a été signalé ci-dessus, la communauté astronomique internationale est confrontée au même problème que l'ensemble de la communauté scientifique française: vieillissement de la pyramide d'âge des personnels, avec un taux très important de départs à la retraite au début du siècle prochain. Cette fonction de formation pourrait en faire de très bons et très utiles instruments universitaires.

Un dernier point revêt une certaine importance : le retard français, aussi bien qu'international d'ailleurs, en matière d'archivage et de traitement des données. En effet les expériences modernes fournissent des flots de données qu'il est impensable de ne pas

archiver et traiter par des moyens modernes de stockage et de calcul, et de mettre efficacement à la disposition de la communauté scientifique. Des disciplines apparemment très éloignées de l'astronomie, comme la chimie et la biochimie fondamentales, par exemple, pourraient ainsi mieux exploiter, analyser et interpréter certaines des données recueillies. Par ailleurs, des spécialistes de pays en voie de développement, qui ne peuvent pas encore participer aux grandes expériences internationales, peuvent néanmoins travailler sur les données archivées dont ils peuvent disposer. Il est donc utile et indispensable de constituer des bases de données fiables et d'accès facile, éventuellement par voie électronique.

A côté de quelques bases de données de la NASA ou de l'ESA, le Centre de Données Astronomiques de Strasbourg (CSD) jouit d'une excellente réputation internationale, en raison de son caractère généraliste. Les astronomes de nombreux pays ont accès à sa banque de données SIMBAD. D'autres bases plus restreintes existent en France (LEDA pour les objets extra-galactiques, entre autres), ou sont projetées (MEDOC, pour recueillir les données de SOHO, par exemple). Il est maintenant indispensable que cet ensemble soit développé et il serait intéressant qu'il soit constitué en réseau, de façon à faciliter l'accès par les moyens électroniques de communication. On doit également envisager pour l'avenir un programme européen de cette nature, dans lequel le réseau français serait intégré. La France pourrait avoir un rôle pilote dans ce projet.

V - CONCLUSIONS

L'astronomie est une science multidisciplinaire, utilisant notamment des éléments de différentes branches des mathématiques, de la physique et de la chimie, et leur fournissant en retour des données nouvelles. Elle échappe apparemment à toute idée de compétitivité économique, puisque les résultats qu'elle obtient sont du domaine de la connaissance pure de l'univers, des lois qui la régissent, de ses composants, et même de ses origines, ce qui la met aux confins de la philosophie et de la métaphysique. Toutefois les Très Grands Equipements qu'elle utilise ne sont pas toujours économiquement neutres dans la mesure où les progrès techniques exigés par l'avancement de la science et l'acquisition de connaissances nouvelles sont susceptibles de retombées intéressantes dans le domaine industriel.

L'astronomie moderne demande à ses instruments d'observation une sensibilité et un pouvoir de résolution sans cesse accru, ce qui a pour conséquence une tendance de plus en plus marquée au gigantisme de ces appareils, ainsi que des vecteurs (fusées et satellites) nécessaires à l'astronomie spatiale. Il s'ensuit des coûts de fabrication de plus en plus élevés, qui impose à la communauté scientifique un recours de plus en plus grand au cofinancement international et aux travaux en collaboration. Compte tenu de cette tendance générale au gigantisme, il ne saurait en être autrement: en matière de nouveaux équipements, la coopération internationale est pour nous une règle maintenant absolue. Une des caractéristiques de ces programmes est leur longue durée: au moins dix ans à partir de la conception du projet pour qu'un instrument au sol devienne pleinement opérationnel, vingt ans et plus

d'activité avant qu'il devienne obsolète. Il est donc très difficile de renier des engagements internationaux d'une telle ampleur, à partir du moment où leur réalisation est acquise et leur financement décidé. Dans quelques cas, on a pu constater soit la fusion de projets concurrents (Planck-Surveyor), soit l'apport de nouveaux participants à des programmes en cours, ce qui permet d'alléger la part des participants initiaux (adhésion de l'Espagne à l'IRAM; élargissement prévu du projet MARS 96 à la NASA). On considérera qu'il s'agit là de solutions intéressantes pour diminuer le coût national des très grands projets en cours.

La collaboration de chercheurs français à des programmes scientifiques internationaux leur donne, le cas échéant accès à des instruments au financement desquels la France n'a pas participé. Notons que la participation financière à la construction d'un instrument permet de bénéficier de temps d'observation ("nuits") proportionnels à cette participation. Cet argument devrait inciter les pouvoirs publics à soutenir en priorité les projets pour lesquels la France est partenaire-constructeur.

Pour ce qui concerne l'astronomie spatiale, la participation importante de la France à l'Agence Spatiale Européenne, pour la construction des lanceurs Ariane, ainsi que les grandes compétences françaises en matière de conception et de réalisation de satellites artificiels, bien reconnues internationalement, devraient fournir un argument de poids à la communauté scientifique astronomique. Or, ce sont les scientifiques qui doivent conformer les programmes d'observation au choix de vecteurs qui leur est proposé par les fournisseurs de lanceurs et de satellites: il est souhaitable, et il serait plus

efficace, que les fournisseurs de moyens, et en particulier le CNES, se mettent mieux à la disposition des chercheurs en fonction des projets scientifiques.

Par ailleurs, nous disposons encore d'instruments nationaux dont l'inutilité et l'obsolescence ne sont pas toujours clairement établies. En effet, les analyses internationales s'accordent également sur le fait que les « petits » instruments encore en activité restent indispensables, pour les missions de routine, pour les observations de complément, ou pour des missions précises ne nécessitant pas d'appareil plus puissants (télescopes « dédiés »). Toutefois certains arguments ne manquent pas de poids, quand ces outils peuvent encore procurer d'heureuses surprises: c'est un télescope de 2 mètres de l'Observatoire de Haute-Provence qui a récemment découvert la première planète observée hors du système solaire. En outre, ces "petits" observatoires peuvent jouer un rôle important pour la formation des jeunes, qui sera dans un avenir proche un problème crucial, car, ainsi qu'il a été signalé ci-dessus, la communauté astronomique internationale est confrontée au même problème que l'ensemble de la communauté scientifique française: vieillissement de la pyramide d'âge des personnels.

Sur ce plan de la formation par la recherche, le Conseil s'inquiète particulièrement de la situation actuelle des jeunes diplômés, devenus malheureusement très préoccupante, comme dans beaucoup d'autres secteurs scientifiques. Dans les disciplines de l'astronomie les débouchés sont particulièrement restreints. Bien qu'il soit utopique de vouloir au commencement d'une thèse prévoir la situation de l'emploi trois ou quatre ans plus tard, une étude rétrospective, par

les universités concernées, du devenir des étudiants qu'elles ont formés dans ces disciplines donnerait une meilleure visibilité des perspectives offertes aux jeunes qu'elles attirent. La question de base est, comme souvent: qui former, et pour quoi faire?

D'autre part, les stages post-doctoraux des étudiants formés en France sont pour la plupart effectués à l'étranger, tandis que la France offre trop peu de possibilités de ce genre aux jeunes docteurs, français ou étrangers. La communauté scientifique française perd ainsi un important potentiel d'innovation dans ce domaine, si l'on considère que c'est la période optimale d'activité pour beaucoup de jeunes chercheurs.

Enfin, la visibilité de la communauté astronomique française se place sur plusieurs niveaux: celui de ses relations avec les autres disciplines scientifiques, celui de sa participation aux transferts des innovations techniques réalisées à sa demande pour les progrès de l'instrumentation astronomique, enfin celui de son audience dans le grand public.

Sur ce dernier plan son effort de communication et de vulgarisation est exemplaire, à travers diverses publications et opérations médiatiques. Elle répond assez bien à l'attente d'un public passionné qu'elle "sait faire rêver". On peut même dire que cette réussite rejaillit sur toute la communauté scientifique française, en donnant d'elle une image particulièrement favorable.

En revanche, malgré l'aspect scientifiquement et techniquement très multidisciplinaire de cette science, rappelé dans l'introduction, il est regrettable que la communauté des astronomes n'entretienne que

peu de rapports scientifiques avec les chercheurs des autres disciplines. De même elle s'implique trop peu dans le transfert des nouveaux acquis technologiques obtenus par les progrès de l'instrumentation qu'elle induit, alors que l'on pourrait trouver là des sources intéressantes de développement et d'emplois. Bref, dans l'esprit des milieux scientifiques et technico-économiques, elle conserve un aspect « tour d'ivoire » qui jure malencontreusement avec son image dans le grand public.

Un dernier point revêt une certaine importance : le retard français, aussi bien qu'international d'ailleurs, en matière d'archivage et de traitement des données. En effet les expériences modernes fournissent des flots de données qu'il est impensable de ne pas archiver et traiter par des moyens modernes de stockage et de calcul, et de mettre efficacement à la disposition de la communauté

scientifique. Des disciplines apparemment très éloignées de l'astronomie, comme la chimie et la biochimie fondamentales, par exemple, pourraient ainsi mieux exploiter, analyser et interpréter certaines des données recueillies. Par ailleurs, des spécialistes de pays en voie de développement, qui n'ont pas encore un accès direct aux grandes expériences internationales, pourraient néanmoins travailler sur les données archivées disponibles. Il est donc utile et indispensable de constituer des bases de données fiables et d'accès facile, éventuellement par voie électronique.

Avis (« CEE »)
sur le projet de décret proposé conjointement par
le Ministère de l'Emploi et de la Solidarité et
le Ministère de l'Education nationale, de la
Recherche et de la Technologie
complétant le décret n° 91-384 du 18 avril 1991
fixant la liste de services de recherche et établissements publics
dont les personnels sont admis au bénéfice des dispositions du 2°
de l'article 17 de la loi n° 82-610 du 15 juillet 1982 modifié d'orientation et de
programmation pour la recherche et
le développement technologique de la France.

(rendu le 11 décembre 1997)

Le projet de décret soumis pour avis au CSRT s'inscrit dans le contexte suivant : **le Centre d'études de l'emploi (CEE)**, créé en 1970 et placé initialement auprès de l'Institut national d'études démographiques (INED), est, depuis 1986, un établissement public national à caractère administratif (EPA), doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous tutelle conjointe des ministres chargés respectivement de l'emploi et de la recherche.

Le CEE, aux termes de son décret d'organisation n° 86-399 du 12 mars 1986, art. 2, «*a pour mission d'effectuer des recherches permettant de développer l'ensemble des connaissances susceptibles d'éclairer l'action des pouvoirs publics et des acteurs économiques et sociaux dans le domaine de l'emploi [...] ».*

La **nature de ces recherches** est ensuite précisée, par rubriques :

- «1° L'évolution du niveau et des structures d'emploi ... les transformations des technologies, de l'organisation du travail et des politiques des entreprises ;
- 2° Les politiques d'emploi : évaluation des effets des mesures prises par les pouvoirs publics, du rôle de la réglementation concernant le travail, de la négoc-

iation collective et des institutions qui agissent sur le marché du travail ;

- 3° *Le fonctionnement du marché du travail dans un cadre national, sectoriel, régional ou local ;*
- 4° *La situation et les comportements de la population active.»*

Pour effectuer ses missions «le Centre peut, [art. 3] seul ou avec le concours d'autres [...], engager des recherches mettant en oeuvre une ou plusieurs disciplines [...] constituer des bases de données, développer ou utiliser des modèles de simulation, effectuer des enquêtes spécifiques ; participer à des recherches menées en commun avec les services de l'Etat, des collectivités locales, des organismes publics de recherche, des universités et établissements d'enseignement supérieur, des entreprises nationales, des entreprises ou des centres de recherche privés ; participer à des recherches menées dans le cadre d'organismes internationaux ou en collaboration avec des associations étrangères et des laboratoires étrangers de recherche ; organiser des rencontres scientifiques ou des réunions d'information ; participer à l'effort collectif de formation à la recherche pour son propre compte ou pour le compte d'autres institutions associées à la recherche. Le Centre assure la publication, la diffusion et la valorisation des résultats des recherches effectuées par lui ou sous sa responsabilité. »

Considérant que le Centre d'études de l'emploi (CEE) répond bien aux conditions prévues par la loi en vue d'une inscription sur la liste des services de recherche et d'établissements publics dont le personnel peut être titularisé dans les corps EPST, à savoir :

- * inscription des emplois au budget civil de la recherche et du développement technologique (BCRD) ;
- * caractéristiques propres aux établissements de recherche, reprises dans le décret constitutif de l'établissement, c'est-à-dire :
 - un directeur choisi parmi les personnalités du monde scientifique ;
 - un conseil scientifique, placé auprès du directeur, dont les personnalités, choisies en raison de leurs compétences, sont nommées par arrêté conjoint du ministre chargé de la recherche et du ministre chargé de l'emploi ;
 - évaluation des chercheurs faite par une commission dont la moitié des membres est choisie au sein des sections compétentes du comité national de la recherche scientifique ;

constatant que la direction du CEE a bien pris note des exigences scientifiques formulées en conseil d'administration par le représentant du ministre chargé de la recherche et que les travaux du Centre progressent dans ce sens ;

estimant que l'inscription du CEE sur la liste visée doit permettre à chaque membre des personnels chercheurs et ITA concernés d'espérer l'évolution la plus positive du déroulement de leur carrière.

En conclusion,

le CSRT, moyennant ces deux observations formulées ci-dessus relatives, d'une part, au respect des exigences scientifiques formulées vis-à-vis du Centre et, d'autre part, aux possibilités d'évolution de carrière des agents concernés, et après avoir délibéré en séance plénière le 11 décembre 1997, **approuve le projet proposé conjointement par le Ministère de l'Emploi et de la Solidarité et le Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie qui vise à inscrire le Centre d'études de l'emploi (CEE) sur la liste de services de recherche et établissements publics dont les personnels sont admis au bénéfice des dispositions du 2° de l'article 17 de la loi n° 82-610 du 15 juillet 1982 modifié d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique de la France et donne un avis favorable au projet de décret, objet de la saisine, complétant, par inscription du CEE, le décret n° 91-384 du 18 avril 1991.**

**Rapport concernant le projet de décret
soumis pour avis au CSRT, visant
l'inscription du Centre d'études de l'emploi (CEE)
sur la liste des services de recherche de l'Etat**

Rapporteurs : Pierre BOTHOREL et Alain ROMAND

Le 25 novembre 1970, le département « population active » de l'Institut national d'études démographiques (INED) devient par décret le Centre d'études de l'emploi (CEE), placé auprès de l'INED. Le personnel du Centre dépend de l'INED et il est soumis aux mêmes règles que le personnel de cet Institut.

Le 12 mars 1986, l'INED, qui avait le statut d'Etablissement Public à caractère Administratif (EPA) devient Etablissement Public à caractère Scientifique et Technique (EPST), placé sous la double tutelle du ministre chargé de la population et du ministre chargé de la recherche.

Par le décret n° 86-395 du 12 mars 1986, le CEE devient un EPA doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Le CEE est placé sous la double tutelle du ministère du travail et de celui de la recherche. **Il est financé sur l'enveloppe du budget civil de la recherche et du développement technologique (BCRD).**

Le CEE a, aux termes de son décret constitutif « pour mission d'effectuer des recherches permettant de développer l'ensemble des connaissances susceptibles d'éclairer l'action des pouvoirs publics et des acteurs économiques et sociaux dans le domaine de **l'emploi**. »

La **nature de ces recherches** est précisée, par rubriques:

«1° L'évolution du niveau et des structures d'emploi ... les transformations des tech-

nologies, de l'organisation du travail et des politiques des entreprises;

2° Les politiques d'emploi : évaluation des effets des mesures prises par les pouvoirs publics, du rôle de la réglementation concernant le travail, de la négociation collective et des institutions qui agissent sur le marché du travail ;

3° Le fonctionnement du marché du travail dans un cadre national, sectoriel, régional ou local ;

4° La situation et les comportements de la population active. »

Pour effectuer ses missions «le Centre peut, [art. 3] seul ou avec le concours d'autres [...], engager des recherches mettant en oeuvre une ou plusieurs disciplines [...] constituer des bases de données, développer ou utiliser des modèles de simulation, effectuer des enquêtes spécifiques ; participer à des recherches menées en commun avec les services de l'Etat, des collectivités locales, des organismes publics de recherche, des universités et établissements d'enseignement supérieur, des entreprises nationales, des entreprises ou des centres de recherche privés ; participer à des recherches menées dans le cadre d'organismes internationaux ou en collaboration avec des associations étrangères et des laboratoires étrangers de recherche ; organiser des rencontres scientifiques ou des réunions d'information ; participer à l'effort collectif de formation à la recherche pour son propre compte ou pour le compte d'autres institutions associées à la recherche. Le Centre assure la publication, la diffusion et la valorisation des résultats des recherches effectuées par lui ou sous sa responsabilité. »

La transformation du CEE en EPA doté de la personnalité civile n'a pas entraîné de changement dans la situation statutaire de son personnel **alors que le personnel de l'INED a été titularisé en 1988.**

Actuellement, les personnels chercheurs du CEE (32 postes budgétaires) continuent d'être régis selon les dispositions du décret n° 81-368 du 14 avril 1981, fixant le statut des chercheurs contractuels de l'INED, qui s'inspire, dans ses grandes lignes, de l'ancien statut des chercheurs contractuels du CNRS - décret datant de 1959. En l'absence de texte spécifique les concernant, le personnel ITA (36 postes budgétaires) continue d'être géré en référence à l'ancien statut ITA du CNRS, du décret de 1959, en regard des règles de recrutement et d'avancement. (décret n° 59-1405 du 9 décembre modifié).

Pour tout le personnel du CEE les conséquences très négatives de cette situation, qui perdure depuis 10 ans sont évidentes (carrières bloquées, aucune possibilité de mobilité) ; ceci est d'autant plus inexplicable et regrettable que depuis la séparation entre le CEE et l'INED les personnels de ce dernier ont bénéficié dès 1988 de la loi du 25 juillet 1982, complétée par celle de juillet 1985.

L'article 123 de la loi n°85 772 du 25 juillet 1985 complétant l'article 17 de la loi du 15 juillet 1982 d'orientation et de programmation de la recherche, permet, en effet, d'étendre le bénéfice de la titularisation à des chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs concourant directement à des missions de recherche lorsqu'ils occupent des emplois inscrits au BCRD et exercent leurs fonctions dans des services de recherche de l'Etat n'ayant pas le caractère industriel et commercial. La liste des établissements publics prévus par l'arti-

cle 123 est fixée par décret, **après avis du CSRT.**

Le CEE répond aux conditions prévues par la loi en vue d'une inscription sur la liste des services de recherche et d'établissement publics, dont le personnel peut être titularisé dans les corps EPST :

- * inscription au budget du BCRD;
- * caractéristiques propres aux établissements de recherche, reprises dans le décret constitutif de l'établissement, c'est-à-dire :
 - directeur choisi parmi les personnalités du monde scientifique
 - directeur assisté d'un Conseil scientifique dont les personnalités choisies en raison de leurs compétences sont nommées par arrêté conjoint du Ministre de l'emploi et du Ministre de la recherche;
 - évaluation des chercheurs soumise à une commission dont la moitié des membres est choisie au sein des sections compétentes du CNRS.

L'inscription du Centre d'Etudes de l'Emploi sur la liste des Etablissements Publics prévue par l'article 123 de la loi du 25 juillet 1985 permettra d'apporter enfin une solution au problème statutaire de l'ensemble de son personnel. Sa titularisation au CNRS puis affectation au CEE nous semble la meilleure des solutions à ce problème qui dure - il faut encore le souligner - depuis dix ans. C'est aussi le vœux de l'ensemble des personnels du CEE (chercheurs et ITA) qui attendent avec impatience les résultats du vote du CSRT.

Cependant, il faudrait veiller à ce que la progression de carrière des chercheurs ne soit pas rendue difficile après leur intégration au CNRS.

Celle-ci dépendra de l'évaluation de leur activité qui sera faite par la section du Comité national de la recherche scientifique à laquelle chacun aura demandé d'être rattaché. Il est certain, au vu des documents examinés par les Rapporteurs, qu'une partie au moins de ces chercheurs peut espérer une appréciation positive de leurs travaux.

Mais il faut rappeler en même temps que le ministre chargé de la Recherche avait émis des exigences en termes de publications scientifiques. Les commandes des ministères en co-tutelle du Centre obligent à une recherche très finalisée qui ne

laisse pas forcément toute sa place à la recherche fondamentale, *a fortiori* contrôlable par la publication dans des revues scientifiques internationales. La directrice du CEE agit d'ailleurs pour qu'augmente le nombre de publications et de collaborations extérieures.

Tous les chercheurs répondront-ils aux critères du Comité national, à grade égal ? Il pourrait s'avérer prudent que les chercheurs du CEE soient titularisés comme chercheurs du CNRS, ou comme ITA, suivant leur activité, et avec leur accord.

Chapitre 6

Position du Conseil

Le Projet « SOLEIL »

(séance plénière du 2 juillet 1997)

Après avoir entendu un rapport détaillé et engagé un débat où il est souligné que la question de la localisation *n'est pas* secondaire - ce projet se situant dans la suite scientifique du LURE (Orsay) - le Conseil adopte la position suivante :

Parmi les très grands équipements scientifiques (TGE), le projet de synchrotron « SOLEIL » doit être considéré, dans l'état actuel du dossier, comme hautement prioritaire.

S'il se fait, il faut lui donner les moyens adéquats, en fonction non seulement de son potentiel interdisciplinaire mais aussi du nombre et la qualité des entreprises qui pourraient y collaborer.

Extraits de la présentation

faite au Conseil par

Henri AUDIER, Bertrand BARRE et Jean-Pierre DEDONDER

Caractéristiques et objectifs

Le rayonnement synchrotron est du rayonnement électromagnétique, en l'occurrence de la « lumière » émise par les électrons dans la direction de leur vitesse, dans les parties courbes des trajectoires dans des anneaux - en quelque sorte de gros tubes à rayons X - où règne un champ magnétique. **Recueillie dans des lignes de lumière** (tuyaux métalliques où règne un vide poussé), elle est caractérisée par un flux très intense, une très faible divergence présentant une structure temporelle pulsée et un très large spectre. Il est utilisée **pour sonder la matière** sous toutes ses formes.

La France au début des années soixante-dix a construit des lignes de lumière sur des anneaux de collisions destinés à la physique des particules. A la fin des années soixante-dix, début des années

quatre-vingts, un certain nombre d'anneaux de stockage optimisés spécifiquement pour la production de ce rayonnement (machines dites de seconde génération) furent construits dans le monde, tels SUPER-ACO, conçu en 1981 (auquel s'ajoute CLIO, laser à électrons libres pour le domaine de l'infrarouge). Ces moyens sont concentrés dans un seul centre national à Orsay, le LURE, laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique, créé en 1972. A titre comparatif, il y a 7 centres en Allemagne, une dizaine aux Etats-Unis et une quinzaine au Japon (dont 7 à caractère industriel pour la lithographie X) construits ou prévus pour le début des années 2000.

En 1996, il existe dans le monde plus d'une cinquantaine d'installations de deuxième génération, construites ou en cours de construction, spécifiquement et exclusivement consacrées à la production

du rayonnement synchrotron. Les années quatre-vingts ont permis de définir, grâce aux progrès technologiques, un nouveau type d'anneaux de stockage, dits de troisième génération, conçus pour produire du rayonnement encore plus intense et caractérisés par des propriétés exceptionnelles de brillance, de collimation, de focalisation et de cohérence. Ils ont vocation à remplacer rapidement les anneaux de seconde génération qu'ils rendent obsolètes. Les premières machines de cette génération sont l'ESRF à Grenoble qui a accueilli ses premiers utilisateurs en 1994 et l'ALS à Berkeley (ouvert depuis 1994, 1.9 GeV pour U.V. et X mous, ELETTRA (1.5 GeV) ouvert en 1994 à Trieste en Italie). D'autres anneaux sont en cours de construction ou d'achèvement : MAX II (1.5 GeV) à Lünd en Suède, BESSY II (1.5 GeV) à Berlin en Allemagne avec une ouverture prévue pour 1998, APS (7.0 GeV) ouvert en 1996 à Argonne aux Etats-Unis, SPRING-8 à Himeji au Japon, DIAMOND à Rutherford en Grande Bretagne, SLS en Suisse.

L'ESRF (European synchrotron radiation facility) abrite une machine de 6 GeV optimisée pour produire des photons dans le domaine des X durs, c'est à dire au delà du keV (de quelques keV à 100 keV) ou en dessous de 0,2 nanomètre. Elle privilégie l'étude des propriétés structurales de la matière. Les trois quarts des expériences concernent des X d'énergie supérieure à 10 keV. Machine européenne, elle n'a pas vocation à se substituer au LURE d'autant qu'une grande partie des recherches et applications développées en France se situe dans des gammes d'énergie pour laquelle elle n'est pas optimisée. Enfin, l'accès à la communauté scientifique française y est limité, en raison de son caractère européen et devrait concerner environ 800 chercheurs. Fin 1996 26 lignes, dont 5

en CRG, étaient disponibles qui font l'objet d'une compétition intense. En pleine phase opérationnelle, cette machine offrira 40 lignes (30 en 1998).

L'ESRF ne répond pas et ne peut pas répondre à l'ensemble des besoins de la communauté scientifique française.

SOLEIL est donc un projet de centre national destiné à prendre le relais du LURE, ayant pour objectif, autour d'une machine moderne, de maintenir et développer les capacités de la communauté scientifique française dans le domaine du rayonnement synchrotron tant dans le domaine de la recherche fondamentale ou spéculative que dans le domaine de la recherche finalisée. Leader dans les années soixante-dix dans ce domaine, la France est aujourd'hui plutôt en retard sur ses concurrents. Une décision est donc urgente.

SOLEIL est une machine de moyenne énergie (faisceaux à 2,15 GeV) de très haute brillance destinée à fournir des photons dans une gamme large, complémentaire de l'ESRF. Elle doit couvrir un spectre continu de l'infrarouge aux rayons X mous et moyens, soit pratiquement du millimètre au dixième de nanomètre (Angström) et en dessous ou de quelques dizaines d'eV à quelques dizaines de keV). Le gain de brillance (ou radiance) sera d'un facteur 100 par rapport à SUPER-ACO et 10 000 par rapport à DCI.

Un tel instrument, à vocation pluridisciplinaire, s'adresse à une communauté scientifique très large allant des physiciens de la matière condensée aux biologistes/biophysiciens en passant par les chimistes, les physiciens de la surface, les géophysiciens et géochimistes,.... Il répond à une demande croissante de la commu-

nauté scientifique qui concerne, par exemple, les atomes, molécules et agrégats (spectroscopie, dynamique de fragmentation des ions moléculaires, production d'espèces rares,...), les propriétés électroniques et magnétiques des matériaux, notamment la caractérisation et les propriétés électromagnétiques de nouveaux matériaux, les surfaces (études des surfaces, interfaces, multicouches par photoémission {haute résolution}, diffraction X, photodiffraction {un domaine où l'ESRF sera loin de pouvoir répondre à la demande}...), la physico-chimie (diffusion, spectroscopie d'absorption, notamment pour résoudre des problèmes de structure électronique ou atomique, avec la perspective d'applications industrielles), les études cinétiques et énergétiques, la dynamique de relaxation en phase gazeuse, la matière molle, la biocristallographie, l'imagerie de tissus inorganiques, l'étude d'objets biologiques non cristallisés et les réactions du métabolisme, la biophysique avec, notamment, l'étude de la structure et dynamique de molécules d'intérêt biologique en vue de les relier à leurs propriétés fonctionnelles, la géochimie de surface, etc.

D'une manière générale, SOLEIL fournit un outil pour l'étude, l'analyse et la caractérisation de matériaux en phase solide, fluide ou diluée. Il doit aussi être vu comme un outil d'analyse complémentaire, mais essentiel, pour nombre de laboratoires qui utilisent ponctuellement les qualités et les propriétés du rayonnement synchrotron. Un centre de rayonnement synchrotron est destiné à être utilisé simultanément par de nombreuses équipes travaillant dans les domaines les plus variés.

SOLEIL permet de faire de la « science légère » avec des moyens lourds.

Pour illustrer ce propos, il faut savoir que LURE, auquel SOLEIL ressemblera beaucoup, est utilisé chaque année par des petites équipes de 3 ou 4 chercheurs venant de plus de 600 laboratoires différents, français et étrangers, soit environ 2 000 chercheurs, un tiers venant de l'Île-de-France, un tiers des autres régions, le dernier tiers venant de l'étranger, principalement de l'Union Européenne. Cet apport de la communauté internationale se fait en général dans le cadre de coopérations avec des équipes françaises. Réciproquement d'ailleurs, de nombreuses équipes françaises utilisent d'autres centres de rayonnement synchrotron, mieux adaptés à la problématique spécifique de certaines de leurs activités de recherche.

« SOLEIL » s'ouvre très clairement à la recherche finalisée ou appliquée liée aux enjeux nationaux, notamment industriels. Les applications industrielles sont très variées en allant de la pharmacologie à la micro-électronique et la microfabrication, en passant par la pétrochimie, les matériaux, la cosmétologie, l'analyse et le contrôle des surfaces, la détermination de structures moléculaires et macromoléculaires. Ce type de recherche qui repose sur les caractéristiques du rayonnement synchrotron connaît un essor important dans le monde et un tel instrument contribue notablement à développer les transferts entre recherche académique et industrielle.

« SOLEIL » est un laboratoire de recherche conçu pour avoir une activité propre spéculative et finalisée, pour accueillir une large communauté nationale et internationale et pour offrir un centre de services adapté aux besoins des industriels.

Pour une efficacité optimale, un centre de rayonnement synchrotron doit bénéfi-

cier d'un environnement très pluridisciplinaire réunissant dans ses laboratoires toutes les compétences et technologies nécessaires à soutenir l'utilisation de ce rayonnement dans les domaines les plus variés : physique de la matière condensée et science des matériaux, sciences de la vie, chimie, physique atomique et moléculaire, entreprises à haute technologie. Un tel centre ne peut en effet prétendre à lui tout seul être complètement équipé de toutes les techniques nécessaires à la préparation ou à la caractérisation d'échantillons dans tous les domaines concernés par l'utilisation de son rayonnement. Il est donc important que cet environnement scientifique soit caractérisé par le présence d'un certain nombre de laboratoires, directement impliqués pour leurs recherches propres dans l'utilisation du centre, qui peuvent jouer le rôle de laboratoires associés à celui-ci. L'expérience du LURE montre que l'existence d'un tel réseau de laboratoires, recouvrant les différentes disciplines concernées, constitue un facteur indispensable à un fonctionnement efficace du centre pour l'accueil, la mise en place et la réalisation des expériences préparées par les équipes extérieures, sans parler de leur contribution à la mise en oeuvre de nouveaux développements.

Caractéristiques de la machine :

* anneau de stockage à électrons (avec un option positon) de 2,15 GeV, pouvant fonctionner entre 1,5 et 2,5 GeV, 336 m de circonférence, pouvant accepter jusqu'à 45 lignes de lumière dont 20 financées dans le projet initial; injecteur linéaire de 0,1 GeV à fort courant puis synchrotron portant l'énergie de 0,1 GeV à 2,15 GeV. L'anneau comporte trois sections droites libres de 14m dont l'une dédiée à un laser UV et une section droite de 14 m occupée par les systèmes d'injection et de contrô-

les, ainsi que 12 sections droites de 7m disponibles pour différents types d'insertion ;

* très haute brillance (de l'ordre de 10^{20} en unités standards) : exploitation en mode haute brillance (durée de vie du faisceau supérieure à 10 heures, intensité 500 milliampères) ou en mode temporel avec 8 paquets de 20 picosecondes espacés de 140 nanosecondes (avec une intensité de 10 milliampères et une durée de vie de faisceau de 10 heures) ;

* laser à électrons libres, fonctionnant à 1,5 GeV, dans le domaine de l'UV de 350 à 100 nanomètres avec une très haute résolution:

D1/1@ 10^{-3} à 10^{-6}

* projet ETOILES, permettant d'étendre le domaine spectral couvert par CLIO (3 à 50 mm); à l'infrarouge lointain de 50 mm à 2 mm, en adjoignant un nouveau laser à électrons libres synchronisé avec CLIO.

Le temps d'utilisation annuel prévu en mode utilisateurs est supérieur à 5 500 heures sur 229 jours. Il concerne une communauté estimée à 3 000 chercheurs participant à 1800 projets .

Le projet prévoit un déroulement sur 11 ans à partir de la décision et du choix du site:

- 3 ans pour établir l'avant-projet détaillé (APD) (1997-1999 ?) ;
- 4 ans de construction des bâtiments et infrastructures, sources (Linac, booster, anneau) et de 6 premières lignes utilisables (2000-2003 ?) ;
- 4 ans correspondant à l'installation de 14 autres lignes et expériences dont le financement est inclus dans la proposition (2004-2007 ?).

Le coût prévisionnel (valeur 1995) est de **2 023 MF H.T.** (investissements et per-

sonnels compris, hors APD), établi hors infrastructures particulières liées à un site spécifique, comprenant 24 lignes et expériences. Il se répartit en :

- * 1064 MF H.T. d'investissements (aléas inclus), dont 413 MF pour bâtiments et infrastructures, 400 MF pour les sources et 251 MF pour les lignes et expériences

- * 263 MF de fonctionnement;

- * 696 MF de salaires (sur base CEA), essentiellement pour les personnels techniques (194 MF pour les scientifiques).

Cela correspond à des coûts de construction de 1 490 MF et des coûts d'exploitation de 533 MF.

L'investissement est à réaliser sur les 8 ans prévus pour la construction, après APD, tant en termes d'AP que de CP, le financement atteignant son maximum en CP pendant les deuxième et troisième années de construction (333 et 378 MF).

A partir de la 9^{ème} année, l'installation a atteint son régime stable (plus de 5 000 heures d'exploitation et 20 lignes fonctionnelles. L'estimation des coûts de fonctionnement, personnels inclus, est d'un peu plus de 200 MF/an, les salaires, dont la majorité (environ 70 %) est liée aux équipes techniques devraient représenter de l'ordre de 60 % de ce montant.

L'état des choses au moment où le CSRT se saisit de ce dossier.

Le projet a été initié dès 1989. Le LURE a piloté les premières études et l'argumentaire scientifique ainsi qu'un dossier technique ont été présentés aux autorités de tutelle fin 1993.

Il est conduit depuis 1994 de manière autonome et indépendamment du LURE. Un directoire, incluant des personnalités extérieures au LURE, supervise les travaux préparatoires à l'APD dont le financement devrait être pris en charge paritairement par le CEA et le CNRS à hauteur de 25 MF H.T. (hors personnels, ceux-ci étant mis à disposition par les organismes concernés).

SOLEIL est un outil nécessaire à la France.

Tous les organes consultés ont donné un avis favorable à un projet désormais bien construit par une équipe solide et dont les contours sont parfaitement définis. Ainsi le Conseil des Très Grands Equipements, aujourd'hui suspendu, s'est prononcé à plusieurs reprises et a approuvé sans réserves, en mars 1996, le projet. Le dossier détaillé remis en novembre 1996 par le CNRS et le CEA, complété ensuite en réponse à quelques questions, a fait l'objet d'examen critiques par le Comité Stratégique mis en place par le ministère. Celui-ci s'est réuni à cinq reprises et a remis un rapport très favorable en mars 1997.

Le projet SOLEIL est actuellement la première priorité du CNRS pour ce qui est des projets nouveaux. C'est une priorité importante du CEA dans le cadre de son plan stratégique à 10 ans, établi en 1996.

L'investissement financier est a priori assez lourd puisqu'il représente un peu plus de 2 milliards de francs, réparti sur 8 ans, après la phase de trois ans consacrée à la mise au point de l'APD : 1 490 MdF d'investissement (1 147 en phase I, sur 4 ans et 343 en phase II) et 533 de fonctionnement.

Cependant, un étalement sur un plus grand nombre d'années ou un report ne sont pas souhaitables car il faudrait alors prolonger le fonctionnement du LURE avec tous les risques que comporte une installation vieillissante dont l'injecteur a plus de 40 ans. De plus, la mise en route depuis 1994 de nombreuses machines de troisième génération dans le monde rend le LURE de moins en moins compétitif.

Trop attendre risque de mettre en péril la compétitivité même du pays : certains retards ne se rattrapent jamais.

La question de savoir si l'on pouvait modifier les caractéristiques du projet pour en diminuer l'investissement initial a été examinée en détail. Les marges de manœuvre sont relativement faibles car elles ne doivent pas conduire à une diminution de la compétitivité initiale d'un instrument qui devra, de plus, rester compétitif jusqu'à l'horizon 2030. Ainsi, une réduction de la dimension de l'anneau conduit nécessairement à une diminution de la brillance et donc à des performances réduites. Une diminution de l'énergie des électrons conduit à un décalage vers des rayonnements de plus basse énergie, rendant la machine beaucoup moins versatile, et beaucoup moins intéressante notamment dans le domaine de l'étude des macromolécules biologiques et de la dynamique réactionnelle en physico-chimie pour une économie relativement faible.

Par rapport au projet initial une report d'investissement de 150 MF H.T. environ peut être réalisé en repoussant des décisions concernant certaines composantes de l'installation (infrastructures, lasers à électrons libres, lignes de lumières destinées aux industriels)

La recherche de partenaires étrangers pour financer l'investissement initial s'est avérée infructueuse. Les possibilités de collaboration entre Etats sont assez faibles dans la mesure où, compte tenu des enjeux et de la versatilité de ce type de machine, la plupart des Etats développés souhaitent avoir au moins un instrument en propre et ont déjà construit (Italie, Suède), construisent (Allemagne) ou vont construire (Suisse, Royaume Uni) seuls au moins un anneau de troisième génération. Toutefois on ne peut exclure que des partenaires souhaitent bénéficier de lignes en propres. De plus des collaborations s'établissent entre les équipes techniques et scientifiques au niveau de l'élaboration des projets.

SOLEIL intéresse le secteur des entreprises, secteur dont la demande, très inférieure actuellement en Europe par rapport à ce qu'elle est aux Etats-Unis ou au Japon, est appelée à croître. Un doublement du taux d'utilisation (15 %) est un objectif à la fois ambitieux et raisonnable qui impliquera une structure d'accueil efficace auprès de la machine. Toutefois, dans l'état actuel des choses, les industriels, s'ils prévoient une croissance de leurs besoins à l'échéance de 2003, ne formulent pas de demandes chiffrées précises car ils ne semblent pas disposer d'une vision claire sur les orientations stratégiques de leurs entreprises à cette échéance. Ils ne souhaitent pas participer à l'investissement initial¹¹. Plusieurs lignes pourraient toutefois être réservées prioritairement aux entreprises, qui font savoir qu'elles souhaitent pouvoir le cas échéant bénéficier des meilleurs outils adaptés à leur besoins du moment. et ne souhaitent

¹¹ On notera qu'aucune des installations de troisième génération dans le monde n'a vu de participation directe des industriels au financement de l'investissement.

donc pas, dans l'état actuel, participer au financement de telles lignes. Elles sont prêtes à payer un coût d'utilisation qui inclurait les frais d'amortissement, et les services le cas échéant, tout en faisant jouer les lois du marché et en demandant des temps de réponse assez rapides. C'est ce que font ou prévoient la plupart des centres, en différenciant fortement les coûts d'utilisation selon que les travaux conduisent à des publications scientifiques rapides ou, au contraire, qu'ils préservent la confidentialité (sans passer par une évaluation a priori du comité d'expériences).

Il serait, néanmoins, souhaitable qu'il y ait un affichage explicite de cette volonté d'ouverture vers le secteur industriel au niveau du financement initial de la machine. On peut se demander si l'Etat ne devrait pas abonder, à la hauteur de la contribution prévue dans le plan de financement proposé, i.e. 150 MF, à étaler sur la durée de réalisation de l'instrument, à partir des lignes de crédits du BCRD destinées à encourager et financer la recherche industrielle. C'est en tout cas le souhait des rapporteurs.

Il convient de rappeler que la recherche universitaire sera un utilisateur important de SOLEIL, comme elle l'est déjà pour le LURE où elle contribue d'ailleurs au budget de fonctionnement. Il serait logique alors qu'elle participe de manière non négligeable à l'investissement. Dans le cadre des politiques contractuelles en vigueur, c'est une manière d'afficher explicitement sa présence. Les rapporteurs recommandent donc qu'une contribution, sans doute de l'ordre de 150 MF, répartie sur 6 ou 8 ans, soit apportée à l'investissement initial à partir des lignes de crédits destinées à la recherche universitaire.

Le financement doit être principalement assuré par le CNRS et la CEA, les collectivités territoriales concernées par l'implantation devant apporter, en plus du terrain et des infrastructures correspondantes, une fraction notable du financement, estimée aujourd'hui à plus de 500 MF. Cependant même en tenant compte du report d'investissement mentionné plus haut et des contributions venant d'autres budgets, le montant de cet investissement sur 8 ans dépasse les capacités financières de ces organismes, en raison de l'ensemble de leurs engagements dans des grands projets nationaux et européens, si l'on travaille dans l'hypothèse de crédits maintenus à leur niveau actuel. Mais, au vu des enjeux importants sous-jacents à la réalisation de cet instrument, il semble difficile qu'il n'y ait pas un effort particulier de l'Etat pour un complément spécifique de financement. Les rapporteurs le recommandent.

Le CSRT ne peut donc que donner un avis favorable à ce projet pluridisciplinaire en l'assortissant de la recommandation de le mettre en oeuvre le plus rapidement possible (compte tenu de la conjoncture budgétaire), afin que la communauté scientifique ne souffre pas de délais entre la fermeture prévue de LURE et la mise en route des premières lignes de lumière.

Il faut noter qu'une interruption minimum d'un an est de toute façon nécessaire pour assurer les transferts entre LURE et la nouvelle installation qui, quel que soit le choix de localisation, sera situé sur un autre site que celui actuellement occupé par LURE. Il est difficilement pensable que cette interruption puisse durer plus de deux ans sans dommage pour l'ensemble de la communauté.

LOCALISATION

La décision principale qui reste à prendre, au-delà du financement, est à l'évidence celle de sa localisation. Certes, Le CSRT n'a pas à se prononcer aujourd'hui sur ce point essentiel qui n'est volontairement pas abordé dans les précédents rapports, notamment dans ceux du comité des TGE, même s'ils énumèrent un certain nombre de critères devant guider le choix du site pour implanter SOLEIL. Ainsi y lit-on que :

- * le site doit-il posséder un environnement scientifique et technique important tant qualitativement que quantitativement et aussi complet que possible, d'autant que la diversité des applications du rayonnement synchrotron ne peut que continuer à croître. Il doit regrouper un nombre important de laboratoires susceptibles d'utiliser la machine dans sa diversité qui fourniront les chercheurs associés facilitant, comme au LURE, l'utilisation de la machine pour les utilisateurs extérieurs ;
- * le site doit-il être facilement accessible pour tous les laboratoires nationaux, publics ou privés, ayant vocation d'utilisateurs et présenter de larges possibilités d'accueil;
- * les conditions du sol doivent répondre à des critères stricts de stabilité;
- * le coût doit être minimum pour l'État. Cela signifie qu'il convient que la région choisie participe au coût de la construction et qu'il faut prendre en compte des surcoûts éventuels liés aux problèmes de personnels si SOLEIL ne prenait pas la suite de LURE.

Enfin il est fait mention de « l'aménagement du territoire », mais sans autre précision.

Par ailleurs, un point majeur, non abordé dans les précédents rapports, est que SOLEIL se situe dans la suite logique du LURE. D'une part, SOLEIL a été conçu dans ses aspects scientifiques et techniques par les chercheurs et ingénieurs du LURE, grâce à l'expérience acquise pendant plus de vingt ans en faisant fonctionner deux anneaux et une quarantaine de postes de travail au service de la communauté scientifique française. D'autre part, SOLEIL n'est pas un TGE pas comme les autres. Un centre de rayonnement synchrotron est en effet destiné à être utilisé simultanément par de nombreuses équipes travaillant dans les domaines les plus variés. **Il permet de faire de la « science légère » avec des moyens lourds.** SOLEIL devra continuer à jouer ce rôle d'accueil sur le plan national et international, en reprenant tout l'héritage positif du LURE. Pour les centaines de petites équipes venant pour quelques jours utiliser le rayonnement synchrotron avec l'appui, scientifique et technique des chercheurs et personnels techniques permanents et associés au LURE, un tel équipement est un gros appareillage à usage collectif qui leur est devenu indispensable. Il en est de même pour le tissu de PME très lié au LURE. *Cet effet structurant qu'a eu LURE tant dans certaines disciplines que sur le plan de l'Ile-de-France fait que toute comparaison entre SOLEIL et GANIL serait formelle et fallacieuse.*

Fermer LURE n'aurait-il pas, en effet, un sens majeur pour l'aménagement du territoire? En d'autres termes, l'Ile-de-France est-elle toujours très favorisée? Les indices objectifs existants montrent que ce n'est plus le cas en ce qui concerne le CNRS et les Universités. Si on prend comme paramètre et pour chaque région, comme l'avait fait le rapport de Gaude-
mar, le % du nombre d'« équivalent-chercheurs» sur le % du PIB que repré-

sente la région considérée, on observe d'une part que l'Ile-de-France se situe loin derrière l'Alsace, Midi-Pyrénées ou Languedoc-Roussillon et est en train de se faire dépasser par PACA et Rhône-Alpes. Pratiquement tous les grands équipements depuis vingt ans ont été construits en région et il est impensable que l'Ile-de-France ne bénéficie plus dans les années 2000 de très grand équipement. Il convient de rappeler les fermetures successives de l'ALS à Saclay, du synchrocyclotron d'Orsay, celle de Saturne à la fin '97, celle probable du Van de Graaf à Orsay en 1998 et enfin celle programmée pour 2001 du LURE. Il s'agit d'un enjeu pour le maintien des compétences de très haut niveau tant pour le secteur public que pour le secteur industriel.

Certes, l'Ouest le Centre et le Nord de la France demeurent relativement défavorisés. Mais les solutions nécessaires à ces problèmes spécifiques ne sauraient justifier un nouvel affaiblissement de l'Ile-de-France. S'il est légitime d'envisager la poursuite d'un rééquilibrage entre les régions et l'Ile-de-France, ce doit être plus par une politique ciblée de développement sur la base de schémas scientifiques cohérents et adaptés que par une politique globale et indifférenciée de redistribution.

A coût égal, le site d'Orsay-Saclay n'est-il pas le seul répondant aux critères?

Sans vouloir préjuger *a priori* du choix final de l'implantation de SOLEIL, il nous semble utile de souligner que le site d'Orsay-Saclay correspondra à une optimisation de l'investissement global (à condition, bien sur que la région Ile-de-France accepte de financer). On doit aussi souligner qu'aucune région, sauf peut-être Rhône-Alpes (mais Grenoble est déjà largement équipée, notamment avec l'ESRF),

ne possède un environnement et un support scientifique aussi larges et diversifiés.

L'environnement d'un centre de rayonnement synchrotron, en raison de son caractère pluridisciplinaire, doit en effet réunir dans ses laboratoires toutes les compétences et technologies nécessaires à soutenir l'utilisation de ce rayonnement dans les domaines les plus variés, car un tel centre ne peut prétendre être complètement équipé de toutes les techniques nécessaires à la préparation ou à la caractérisation d'échantillons dans tous les domaines concernés par son utilisation. L'existence d'un réseau de laboratoires directement impliqués pour leurs recherches propres dans l'utilisation du centre et jouant le rôle de laboratoires associés, constitue un facteur essentiel de son efficacité.

Il convient enfin d'indiquer qu'une décision d'implantation de SOLEIL en région posera un certain nombre de problèmes, que l'on sait d'expérience très difficiles à résoudre :

- 1- Il y a 250 ITA à LURE . Si on se réfère à l'expérience du transfert du CDST à Nancy (sur 300 ITA pratiquement aucun n'a suivi), plus de 200 ITA seront à recaser et surtout autant d'emplois seront à recréer (sans parler de l'ambiance et du rendement pendant deux ans au LURE).
- 2- Il ne faudra pas compter sur ces ingénieurs pour la construction. D'où retards, erreurs et coûts supplémentaires.
- 3- Il en sera de même pour une partie significative des 150 chercheurs (80 permanents, 70 associés) qui aident les équipes extérieures à utiliser le rayonnement de la façon la plus effi-

- cace possible, ce qui freinera d'autant l'efficacité de l'accueil des scientifiques pendant une longue période.
- 4- Si la déstructuration de l'Ile-de-France qui résulterait d'une fermeture du LURE est, en apparence, compensée par une structuration dans la région où serait implanté SOLEIL, il faut mesurer que la déstructuration

sera immédiate et qu'il faudra au moins cinq ans pour que la structuration se réalise et encore avec une envergure nécessairement moindre

Annexes :

- 1- LURE (Laboratoire pour l'utilisation du rayonnement électromagnétique);
- 2- **Quelques notes** à propos de la localisation des TGE et de l'évolution au cours du temps.

Annexe 1

LURE

(Laboratoire pour l'utilisation
du rayonnement électromagnétique)

Le LURE, qui dépend du CNRS, du CEA et du Ministère chargé de l'enseignement supérieur, a été créé en 1972¹². Centre national, il regroupe sur un seul site à Orsay l'ensemble des moyens consacrés à l'utilisation du rayonnement synchrotron : accélérateur linéaire d'Orsay comme injecteur, SUPER-ACO avec 19 lignes et le laser UV, DCI avec 23 lignes de lumière, mais déjà totalement dépassé, et CLIO, laser autonome dans l'infrarouge.

LURE regroupe environ 420 personnes 230 personnels techniques, 110 chercheurs permanents ou associés (une cinquantaine qui sont affectés dans des laboratoires proches LURE, effectuant une part importante de leur recherche à LURE et jouant un rôle essentiel au niveau de l'accueil des chercheurs et équipes de provenance extérieure) et 80 doctorants et post-doctorants. En 1995, on compte près de 2000 chercheurs utilisateurs, pour un peu moins des 3/4 français, répartis à parts égales entre l'Ile-de-France et les régions, plus de 1/4 d'étrangers, notamment européens, se partageant entre 800 projets de recherche acceptés pour un temps de fonctionnement des machines d'environ 3 000 heures et utilisant les 42 lignes de lumière ainsi que CLIO. La physique représente 41 % du temps d'utilisation, l'astro-physique 5 %, la chimie 27 %, les sciences du vivant 15 %, les sciences pour l'ingénieur 5 %. L'industrie utilise directement environ 5 % du temps, et est impliquée dans 10 % au travers de contrats passés avec les laboratoires publics. La demande d'utilisation croît régulièrement depuis une quinzaine d'années, une tendance qui se poursuivra à l'avenir et l'on prévoit que la communauté des utilisateurs représentera environ 3 000 personnes à l'horizon 2010.

En symbiose avec ce laboratoire s'est développé un tissu industriel et économique local de PME-PMI interagissant fortement, notamment dans le domaine de la mécanique et de l'optique. LURE est appelé à fermer, pour cause d'obsolescence, en 2001.

¹² L'exploitation est assurée principalement par des personnels CNRS ET MENESR. Le budget hors personnels est financé à hauteur de 55 % par le CNRS, 25 % par le CEA et 20 % par le MENESR. le budget de fonctionnement annuel est de 150 MF, dont 100 MF en personnels

Annexe 2

Quelques notes

à propos de la localisation des TGE
et de leur évolution au cours du temps

En plus de grands équipements distribués comme la flotte océanographique, ou la plupart des instruments associés aux sciences de la terre et de l'univers ainsi qu'au spatial (par exemple, ESO-Chili, CFH à Hawaii, IRAM sur le plateau de Bure et en Espagne, ...), on note des

TGE nationaux localisés :

- * GANIL (Caen), accroissement des potentialités en cours avec SPIRAL (système de production d'ions radioactifs et d'accélérateur en ligne)
- * SATURNE (CEA-CNRS/IN2P3, Saclay), fermeture prévue en 1997
- * TORE-SUPRA (Cadarache), complémentaire du JET, premier plasma obtenu en 1988; réalisé dans le cadre de l'Association EURATOM-CEA
- * VIVITRON (Strasbourg), accélérateur électrostatique à 20 MV
- * ORPHEE (Laboratoire Léon Brillouin, Saclay, CEA/CNRS), construit à partir de 1975, en remplacement d'EL3. le réacteur a divergé fin 1980.¹³ Une réduction des activités est envisagée dès 2001
- * LURE (Orsay), fermeture programmée pour 2001
- * Van de Graaf-Tandem d'Orsay, fermeture programmée pour 1998

TGE ou laboratoires européens :

- * EMBL (Heidelberg, Allemagne et trois antennes auprès de l'ILL à Grenoble, de DESY à Hambourg et à Hinxton en Grande-Bretagne, antenne spécialisée dans le domaine de la bioinformatique)
- * JET¹⁴ (Culham, Grande Bretagne); premier plasma obtenu en 1983. Programme étendu jusqu'en 1999 ?
- * CERN (Genève et Pays de Gex)
(Grenoble)
- * ILL : Institut Laue-Langevin, réacteur à haut flux (Grenoble, laboratoire franco-allemand)
- * IRAM, créé en 1979 entre la France (CNRS) et l'Allemagne (MPG), rejoints ensuite par l'Espagne (IGN), localisé en France sur le plateau de Bure (opérationnel en 1989) et en Espagne dans la Sierra Nevada, opérationnel depuis 1985.

Les projets en cours ou en phase d'études :

Rénovation de la flotte océanographique (IFREMER, IFRTP, ORSTOM, INSU, TAAF)

¹³ Faisceaux de neutrons pour l'étude de la matière condensée. Une opération de jouvence doit être envisagée prochainement à hauteur de 100 MF

¹⁴ Joint European Torus destiné à l'étude de la fusion thermonucléaire contrôlée par confinement magnétique

- * Laser Mégajoule, Bordeaux
- * ITER (fusion, en 1992, du projet européen NET, suite de JET, avec les projets américain, russe et japonais) étape préalable à la réalisation d'un réacteur à fusion contrôlée. Actuellement au stade des études.
- * CERN : LHC (large hadron collider) décision prise en 1994; fin de la première phase de construction 2004 puis deuxième phase pour 2008 permettant d'atteindre des énergies de 14 TeV. cette deuxième phase peut éventuellement se confondre avec la première en fonction des moyens financiers.
- * ELFE : accélérateur européen à électrons de 15 à 30 GeV pour la physique nucléaire (aux énergies intermédiaires) : études préliminaires en cours.

Astronomie au sol : réalisation en cours du VLT (premières observations avec le premier télescope prévues en 1998, et en 2002 avec les quatre télescopes), projet européen dans le cadre de l'ESO. Amélioration du CFH (France, Canada, Hawaii).

Astronomie spatiale: SOHO, observatoire solaire et héliosphérique et Cluster en cours. XMM, doit être lancé en 1999 rayonnement X moyen et mou (entre 0,1 et 5 nanomètres) émis dans les explosions de supernovae. INTEGRAL prévu pour une mise en orbite en 2001 étude des gammas entre 20 keV et 120 MeV et FIRST, observatoire infrarouge submillimétrique devant succéder à ISO, prévu pour une mise en orbite en 2005.

Planétologie : CASSINI-HUYGENS, mission vers Saturne et Titan, doit être lancé en 1997; ROSETTA, étude *in situ* d'un noyau cométaire, études en cours.

VIRGO projet franco italien (CNRS/INFN) objectif de réalisation pour 2000. Deux avant-projets STEP et PHARAO/T2L2.

Satellites météorologiques (EUMETSAT).

GéoFrance 3D : imagerie des structures et phénomènes géologiques du sous-sol de la France.

Station spatiale internationale; participation européenne décidée en 1995 qui doit conduire à (Columbus orbital facility) pour 2002, du véhicule de transfert automatique à lancer en 2002; phase d'étude pour le véhicule de transfert d'équipage (CTV).

La France est en position de veille ou d'observateur pour la Source Européenne de Neutrons (ESS : European spallation source) : objectif de mise en oeuvre pour 2010.

Ont fermé récemment :

ALS (Saclay, Orme des Merisiers) en 1991 ;

Synchroclotron (Orsay) en 1992.

On notera enfin :

- * le transfert de la soufflerie de l'ONERA, située à Meudon, vers Toulouse où l'on envisage aussi la reconstruction des souffleries avioniques de Saint-Cyr-l'Ecole ;
- * la délocalisation à Cadarache de toute l'activité fusion du CEA, initialement à Fontenay-aux-Roses ;
- * la fermeture programmée des Centres d'Etudes DAM-CEA à Vaujours et Limeil, en liaison avec l'implantation du laser Mégajoule à Bordeaux.

ANNEXES

TERMES DE REFERENCE

Loi n° 82-610 du 15 juillet 1982 d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique de la France (art. 10):

« Les choix en matière de programmation et d'orientation des actions de recherche sont arrêtés après une concertation étroite avec la communauté scientifique, d'une part, et les partenaires sociaux et économiques, d'autre part.

Il est institué, auprès du ministre chargé de la recherche et de la technologie, un conseil supérieur de la recherche et de la technologie. Instance de concertation et de dialogue avec les acteurs et les partenaires de la recherche, le conseil supérieur sera consulté sur tous les grands choix de la politique scientifique et technologique du Gouvernement, notamment sur la répartition du budget civil de recherche et de développement technologique à l'occasion de la préparation du plan, ainsi que sur les rapports de prospective et d'analyse de la conjoncture scientifique et technologique. Il pourra prendre l'initiative de propositions et constituer des commissions d'étude spécialisées.

Sa composition sera fixée par décret. Présidé par le ministre chargé de la recherche et de la technologie, il sera représentatif, d'une part, des communautés scientifique et techniques et, d'autre part, des partenaires de la recherche : représentants du monde du travail, des secteurs productifs, sociaux et culturels et des régions. » (art. 10).

Loi n° 84-52 du 26 janvier 1984 sur l'enseignement supérieur (art. 19):

« La carte des formations supérieures et de la recherche qui leur est liée est arrêtée et révisée par le ministre de l'éducation nationale, compte tenu des orientations du plan et après consultation des établissements, des conseils régionaux, du conseil supérieur de la recherche et de la technologie et du conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche. Cette carte constitue le cadre des décisions relatives à la localisation géographique des établissements, à l'implantation des formations supérieures et des activités de recherche et de documentation, aux habilitations à délivrer des diplômes nationaux et à la répartition des moyens. » (art. 19).

Loi n° 85-1376 du 23 décembre 1985 relative à la recherche et au développement technologique (art. 16 et 18):

«Lors du dépôt du projet de loi de finances, le ministre chargé de la recherche et de la technologie présente chaque année au Parlement, au nom du Gouvernement, un rapport sur les activités de recherche et de développement technologique qui retrace les choix stratégiques de la politique nationale et l'état de réalisation des objectifs fixés par la loi (...)» (art. 16).

«Le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie rend un avis annuel sur l'évaluation de la politique de recherche et de développement technologique. Cet avis est rendu public. Il est joint au rapport des activités de recherche et de développement technologique prévu par l'article 16 de la présente loi» (art. 18).

Décret n° 82-1012 du 30 novembre 1982 relatif au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie (art. 1, 2, 3 et 4):

«Le Conseil supérieur de la recherche et de la technologie constitue l'instance de consultation du ministre chargé de la recherche pour tous les grands choix de la politique scientifique et technologique du Gouvernement. Il est placé auprès du ministre chargé de la recherche et présidé par lui» **(art.1).**

«Il est consulté par le ministre chargé de la recherche:

Sur le budget civil de recherche et de développement technologique, et notamment sur sa répartition entre les quatre catégories d'actions énumérées dans la loi du 15 juillet 1982 (...);

Sur le rapport annuel relatif aux activités de recherche et de développement technologique présenté au Parlement par le ministre chargé de la recherche;

Sur la préparation, pour ce qui concerne la recherche et la technologie, du Plan national;

Sur les rapports de prospective et d'analyse de la conjoncture scientifique et technique;

Sur la création d'établissements publics à caractère scientifique et technologique ;

Sur le choix des programmes mobilisateurs. Le Conseil est également informé de leur déroulement» **(art. 2).**

«Le Conseil peut être également être consulté par le ministre chargé de la recherche :

Sur les projets de réformes concernant l'organisation de la recherche et des statuts des établissements de recherche et de développement technologique;

Sur les projets de réformes relative à l'emploi scientifique;

Sur la mise à jour annuelle de la programmation des grands équipements scientifiques ;

Sur la stratégie d'utilisation des fonds d'intervention relevant du ministre chargé de la recherche,

et sur toutes autres questions que le ministre chargé de la recherche juge utile de lui soumettre» **(art. 3).**

«Le Conseil peut en outre faire au ministre chargé de la recherche toutes propositions dans les domaines relevant de sa compétence. (...)» **(art. 4).**

COMPOSITION DU CONSEIL SUPERIEUR DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE

Arrêté du 25 avril 1997 portant nomination au Conseil supérieur de la recherche et de la technologie :

« Par arrêté du ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche et du secrétaire d'état à la recherche en date du 25 avril 1997, sont nommés membres du conseil supérieur de la recherche et de la technologie, pour une durée de deux ans :

1. En qualité de membres représentatifs des communautés scientifiques et techniques et des différents secteurs de la recherche :

a) Sur proposition des sections du Comité national de la recherche scientifique :

- * M. Pierre BOTHEREL (depuis le 08/09/97) ;
- * M. Vincent COURTILLOT (jusqu'au 08/09/97) ;
- * M. Jean-Jacques DUBY ;
- * M. Maurice GARDEN (jusqu'au 23/10/1997) ;
- * M. Jean-Claude MOUNOLOU.

Sur proposition des conseils scientifiques des établissements de recherche et de développement technologique :

- * M. Bertrand BARRÉ ;
- * M. Patrick CHARNAY ;
- * M. Robert DUCLUZEAU ;
- * M. Jean-Pierre VERJUS.

Sur proposition d'une instance nationale d'évaluation de la recherche universitaire :

- * M. François d'ARCY ;
- * M. René MORNEX.

b) Choisis en fonction de leurs compétences dans le domaine des sciences, de la technologie et de l'innovation :

- * M. Jean-Pierre COUDREUSE ;
- * M. Bernard DAUGERAS ;
- * M. Michel FERRIER ;
- * M. Jean-Claude LEHMANN ;
- * M. Jacques MARTINAT ;
- * M. Alain PAVE ;
- * M. Bruno SOLNIK.

ainsi que :

- * M. Jean-Pierre FLANDROIS ;
- * M. Jacques MONFRIN

en qualité de personnalités membres de sociétés savantes.

2. En qualité de personnalités représentatives du monde du travail, des secteurs productifs, sociaux et cultures et des régions :

a) Sur proposition des organisations syndicales représentatives des salariés et des employeurs :

- * M. Henri AUDIER (SNCS) ;
- * Mme Suzanne BAUMEIGE (CNPF) ;
- * M. Pierre BOHN (GIFAS) ;
- * M. Marc-Olivier GEBUHRER (FSU) ;
- * M. Philippe GOUEL (CFDT) ;
- * M. Henri JULLIEN (CFE-CGC) ;
- * M. Jean-Claude NUTI (CGPME) ;
- * M. Marc REBOULLET (CGT-FO) ;
- * M. Alain ROMAND (CFTC) ;
- * M. Jacques TRELIN (CGT) .

b) Représentant le monde économique, social et culturel :

- * M. Hugues BIENAYME ;
- * M. Jean-Pierre DEDONDER ;
- * M. Goéry DELACOTE ;
- * M. Georges DOBIAS ;
- * Mme Laurence PAYE-JEANNENEY ;

Ainsi que :

- * M. Jean-François BERNARDIN ;
- * M. Alain COSTES ;
- * M. Dominique DUCASSOU ;
- * M. Daniel VANDERMARCO ;
- * M. Lothaire ZILLIOX

en qualité de membres de comités consultatifs régionaux de la recherche et du développement technologique.

Composition du CSRT

Président : Claude ALLEGRE

Ministre de l'Education nationale,
de la Recherche et de la Technologie

Vice-Président:

Jean-Claude LEHMANN

Directeur de la Recherche,
Saint-Gobain

François d'ARCY

Professeur d'Université
Institut d'Etudes Politiques, Grenoble

Henri AUDIER

Syndicat national des chercheurs scienti-
fiques (SNCS)
Directeur de laboratoire CNRS

Bertrand BARRÉ

Directeur des Réacteurs Nucléaires au
CEA

Suzanne BAUMEIGE

Conseil national du patronat français
(CNPF)
Secrétaire général, Direction scientifique
Rhône-Poulenc SA

Jean-François BERNARDIN

Président de la Chambre de Commerce
et d'Industrie de Versailles-Val d'Oise-
Yvelines
Conseiller régional Ile-de-France

Hugues BIENAYME

Responsable du Programme
Chimie combinatoire - Rhône-Poulenc
Technologie

Pierre BOHN

Groupement des industries françaises
aéronautiques et spatiales GIFAS
Directeur de la Stratégie scientifique
Dassault Aviation

Pierre BOTHEREL

Professeur d'Université,
Ancien Directeur du Centre de recherche
Paul Pascal au CNRS
(à compter du 08/09/97)

Patrick CHARNAY

Directeur d'unité INSERM

Alain COSTES

Président de
l'Institut National Polytechnique,
Toulouse
Secrétaire du CCRRDT Midi-Pyrénées

Jean-Pierre COUDREUSE

Directeur de R&D
Mitsubishi Electric - ITE

Vincent COURTILOT

Directeur de l'Institut de physique du
globe de Paris (jusqu'au 08/09/97)

Bernard DAUGERAS

Directeur de FINOVELEC

Jean-Pierre DEDONDER

Ancien Président de l'Université Paris
VII

Goéry DELACOTE

Directeur de l'Exploratorium de San
Francisco

Georges DOBIAS

Vice-Président Délégué
Syndicat des Transports Parisiens
Ancien Directeur général de l'INRETS

Jean-Jacques DUBY

Directeur général de SUPELEC

Dominique DUCASSOU

Professeur de médecine nucléaire,
CHU de Bordeaux
Président délégué du CCRRDT
d'Aquitaine

Robert DUCLUZEAU

Président du Centre de Recherches de
l'INRA, Jouy-en-Josas

Michel FERRIER

Directeur scientifique et des transferts
sensibles, SGDN
Services du Premier ministre

Jean-Pierre FLANDROIS
Président
Société Française de Microbiologie

José FRECHES
Administrateur - Directeur général
Groupe Pierre Fabre

Maurice GARDEN
Professeur
ENS, Cachan
(au 18 novembre 1997)

Marc-Olivier GEBUHRER
Fédération syndicale unitaire (FSU)
Membre de la Direction SNESUP
Maître de Conférence, Strasbourg

Philippe GOUEL
Confédération française démocratique
du travail (CFDT)
Ingénieur - BULL SA

Henri JULLIEN
Confédération française de
l'encadrement (CFE-CGC)
Chargé de recherche CNRS

Jacques MARTINAT
Gérant du Comptoir de la Technologie
Ancien PDG - fondateur de METRAVIB

Jacques MONFRIN
Membre de l'Académie des Inscriptions
et des Belles-Lettres, Institut de France

René MORNEX
Professeur de médecine,
ancien Président du CNE

Jean-Claude MOUNOLOU
Professeur des Universités

Jean-Claude NUTI
Confédération générale des petites et
moyennes entreprises (CGPME)
Directeur de Création

Alain PAVE
Directeur
Programme Environnement, Vie
et Société du CNRS

Laurence PAYE-JEANNENEY
Secrétaire général de la Recherche
RENAULT

Marc REBOULLET
Confédération générale du travail, Force
ouvrière (CGT-FO)
Ingénieur à la SNECMA

Alain ROMAND
Confédération française des travailleurs
chrétiens (CFTC)
Ingénieur - INSERM

Bruno SOLNIK
Professeur
Groupe HEC

Jacques TRELIN
Confédération générale du travail (CGT)
Ingénieur au CEA (en retraite)

Daniel VANDERMARCO
Président de l'Association
"Limousin Technologie"

Jean-Pierre VERJUS
Professeur (INPG)
Directeur de l'unité de recherche INRIA,
RHONE-ALPES

Lothaire ZILLIOX
Directeur de l'Institut de Mécanique des
Fluides, ULP-CNRS, Strasbourg
Directeur de l'Institut Franco-allemand
de recherche sur l'environnement

Secrétariat général:

Alan M. RODNEY
Secrétaire général
Ingénieur de recherche

Sylvie CAMUS
Assistante
Technicien CNRS

Abréviations et sigles

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ANVAR	Agence nationale de la valorisation de la recherche
AP	Autorisation de programme
ATP	Advanced Technology Program (Etats-Unis)
BCRD	Budget civil de la recherche et du développement technologique
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CDD	Contrat à durée déterminée
CDI	Contrat à durée indéterminée
CDST	Centre de documentation scientifique et technique
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
CEE	Centre d'études de l'emploi
CERN	Organisation européenne pour la recherche nucléaire
CETE	Centre d'études techniques de l'équipement
CIAT	Comité interministériel pour l'aménagement du territoire
CIFRE	Convention industrielle de formation par la recherche
CIRMAT	Comité inter-régional Manche et Atlantique
CIRMED	Comité inter-régional Méditerranée
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CNU	Comité national des universités
COS	Comité d'orientation stratégique
CP	Crédit de paiement
CRITT	Centre de recherche, d'innovation et de transfert de technologie
CSRT	Conseil supérieur de la Recherche et de la technologie
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
CTP	Comité technique paritaire
DGRT	Direction générale de la recherche et de la technologie
DIRD	Dépense intérieure de recherche et de développement
DO	Dépenses ordinaires
DOM-TOM	Départements d'outre-mer - Terres d'outre-mer
EPA	Etablissement public national à caractère administratif
EPIC	Etablissement public à caractère industriel et commercial
EPST	Etablissement public à caractère scientifique et technique
ESA	Agence spatiale européenne
ESB	Encéphalopathie spongiforme bovine
FCPI	Fonds commun de placement innovation
FRT	Fonds de la recherche et de la technologie
IATOS	Ingénieurs, administratifs, techniciens et ouvriers de service
IFREMER	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
IFRTP	Institut français pour la recherche et la technologie polaires
INED	Institut national d'études démographiques
INRA	Institut national de la Recherche Agronomique
INRETS	Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité
INRIA	Institut national de recherche en informatique et automatique
INSA	Institut national des sciences appliquées
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale

INSU	Institut national des Sciences de l'Univers
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
ITA	Ingénieurs, techniciens, administratifs
ITARF	Ingénieur techniciens administratif recherche et formation
LCPC	Laboratoire central des Ponts et Chaussées
LETI	Laboratoire d'Electronique et de technologie de l'Informatique
LPS	Libre prestation de service
MENESR	Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
MENRT	Ministère de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie
NASA	National Aeronautics & Space Administration (Etats-Unis)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OGM	Organisme génétiquement modifié
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales
ORSTOM	Institut Français de Recherche scientifique pour le développement en coopération
OST	Observatoire des sciences et des techniques
PACA	Provence-Alpes-Côte-d'Azur
PCRD	Programme-cadre de recherche et de développement technologique (Union européenne)
PED	Pays en Développement
PIB	Produit intérieur brut
PIGB	Programme international géosphère biosphère
PIR	Programme interdisciplinaire de recherche
PME	Petites et moyennes entreprises
PMEC	Programme mondial d'étude du climat
PMI	Petites et moyennes industries
PRAG	Professeur agrégé
RDT	Recherche et développement technologique
SBIR	Small Business Innovation and Research (Etats-Unis)
SHOM	Service hydrographique et océanographique de la marine
TAAF	Terres australes et antarctiques françaises
TGE	Très Grands Equipements scientifiques
TNO	Toegepaste Natuurwetenschapppelik Onderzoek (Pays-Bas)
UMR	Unité mixte de recherche
ZEE	Zone dite économique exclusive
ZPE	Zone de pêche exclusive