



Direction des Relations Internationales

Bureau du CNRS à Washington

Mission scientifique et technologique de l'ambassade de France à Washington

INTÉRACTIONS ENTRE LA FRANCE ET LES ÉTATS-UNIS EN SCIENCE ET INGÉNIERIE

par Damien Térouanne et Dominique Martin-Rovet

Mis en forme par Jean-Baptiste THIBAUD

Septembre 1998

Ce travail a été réalisé, sous la direction de Mme Dominique Martin-Rovet, par Damien Téroouanne, Coopérant du Service National pour le Bureau du CNRS à Washington en 1996-97. Celui-ci était accueilli à la National Science Foundation par Jennifer Bond, Directeur du Programme des Indicateurs de la Science et la Technologie. Ce sont ses données qui sont utilisées dans les trois premiers chapitres. Le chapitre 4, rédigé par DMR, traite la base de données établie par la Direction des Relations Internationales du CNRS et régulièrement mise à jour (DMR, Claire Giraud). Jean-Baptiste Thibaud, successeur de Damien Téroouanne, a mis le rapport en forme.

SOMMAIRE

Résumé/Abstract.....	4
1. ELEMENTS DE COMPARAISON DE LA R&D AUX ETATS-UNIS ET EN FRANCE.....	5
1.1 Données générales sur l'investissement en recherche et développement.....	5
1.1.1 Dépense nationale de recherche et développement.....	5
1.1.2 Part de la dépense nationale de R&D dans le Produit Intérieur Brut.....	6
1.2 Structure du financement et de l'exécution de la R&D.....	7
1.2.1 Aperçu général du financement et de l'exécution de la R&D.....	7
1.2.2 La part de la recherche publique.....	8
1.3 Financement et exécution de la recherche publique dans les deux pays.....	8
1.3.1 Acteurs de la recherche publique française.....	8
1.3.2 Acteurs de la recherche publique américaine.....	10
1.3.3 Comparaison des mécanismes de financement à la NSF et au CNRS.....	11
2. PUBLICATIONS, CO-PUBLICATIONS ET CITATIONS.....	13
2.1 Origine et signification des données présentées.....	13
2.2 Statistiques sur les publications, toutes disciplines confondues.....	13
2.2.1 Volume des publications.....	13
2.2.2 Répartition de la production mondiale par pays.....	14
2.2.3 Evolution des parts des pays dans la production mondiale.....	14
2.2.4 Evolution du nombre des co-publications France - Etats-Unis.....	15
2.3 Statistiques sur les publications par discipline.....	16
2.3.1 Répartition par discipline dans chaque pays.....	16
2.3.2 Part des publications mondiales de chaque pays par discipline.....	16
2.3.3 Co-publications franco-américaines.....	17
2.4 Taux de citation.....	19
3 QUELQUES ELEMENTS CONCERNANT LES ECHANGES TECHNOLOGIQUES ENTRE LA FRANCE ET LES ETATS-UNIS.....	21
3.1 La France dans les brevets américains.....	21
3.1.1 Rang de la France en nombre total de brevets déposés aux Etats-Unis.....	21
3.1.2 Rang de la France en nombre de brevets déposés aux Etats-Unis, par domaine.....	23
3.1.3 Impact des publications scientifiques françaises sur les brevets.....	24
3.2 Technologie avancée : échanges commerciaux entre France et Etats-Unis.....	25
4. COOPERATION CNRS-NSF 27	
4.1 Quelques données sur la coopération CNRS-NSF depuis 1985.....	28
4.1.1 Répartition par discipline.....	28
4.1.2 Localisation des équipes partenaires.....	31
Annexe 1 : Glossaire des sigles des Etablissements Publics à caractère Scientifique et Technologique (EPST) et des Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial (EPIC).....	35

Résumé

Interactions entre la France et les Etats-Unis en science et ingénierie

Les Etats-Unis et la France sont respectivement la première et la quatrième puissance mondiale en recherche et développement (R&D). La part des collaborations internationales dans les publications scientifiques mondiales a doublé au cours des dix dernières années. C'est dans ce contexte que le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et la National Science Foundation (NSF) ont décidé de joindre leurs efforts pour produire une étude des interactions entre la France et les Etats-Unis en science et en ingénierie. Le terme interaction est pris ici au sens large et englobe à la fois les coopérations institutionnelles (comme l'accord entre le CNRS et la NSF), les liens bibliométriques (co-publications et citations), mais également les flux de scientifiques entre la France et les Etats-Unis. Par ailleurs quelques indicateurs de comparaison des systèmes de R&D américain et français sont présentés ainsi qu'une analyse des mécanismes de financement mis en oeuvre dans chaque pays.

Abstract

The Interaction in Science and Engineering between France and the United States

The United States and France are ranked respectively first and fourth in research and development world-wide. Over the past ten years international collaborations have accounted for twice as many scientific publications as previously and it is in this context that the *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) and the National Science Foundation (NSF) have decided to join forces to produce a study of the interaction between France and the United States in science and engineering. The term "interaction" is used in its largest sense and encompasses not only cooperation between institutions (such as the agreement between the CNRS and the NSF), and bibliometric links (co-publications and citations), but also the flow of researchers between France and the United States. Some comparisons of the French and American R&D systems are also made, along with an analysis of the funding mechanisms used in each country.

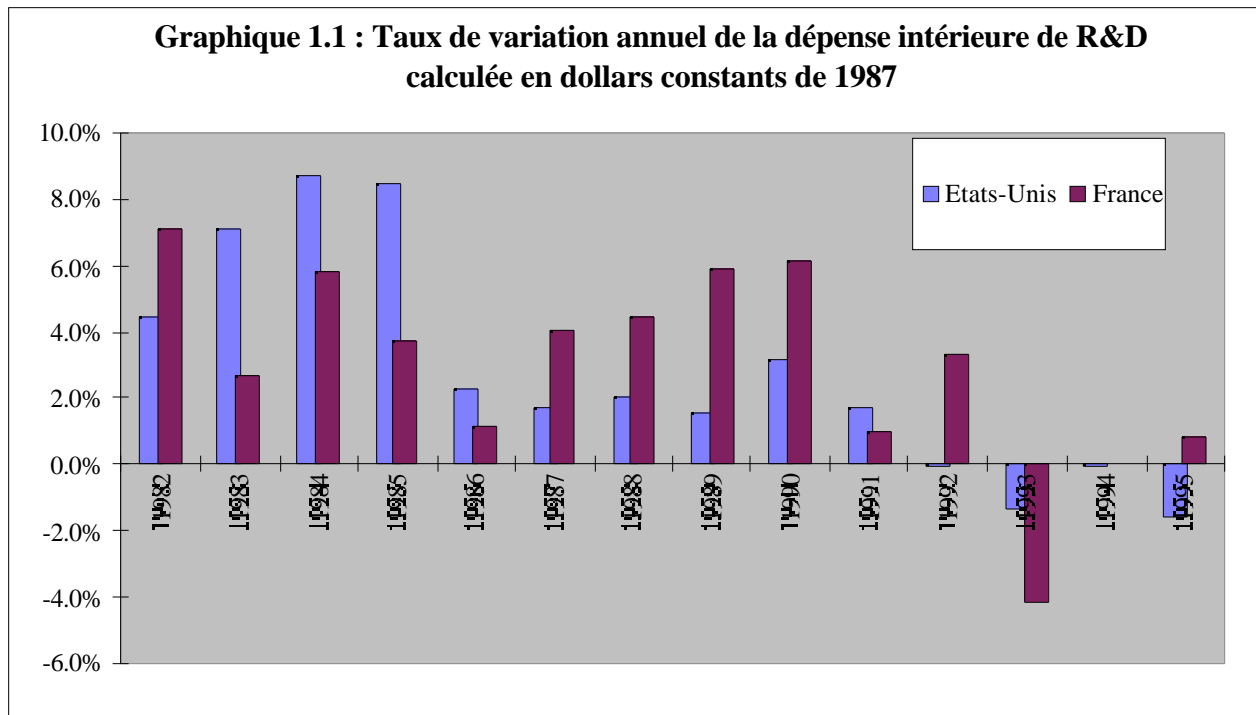
1. ELEMENTS DE COMPARAISON DE LA R&D AUX ETATS-UNIS ET EN FRANCE

1.1 Données générales sur l'investissement en recherche et développement

1.1.1 Dépense nationale de recherche et développement

L'investissement des Etats-Unis dans la recherche et développement (R&D) s'élevait à 171 milliards de dollars en 1995. La France a dépensé 180 milliards de francs la même année en R&D. Etant donnée la différence d'échelle entre les deux pays, il vaut mieux comparer les taux de variation des dépenses plutôt que les dépenses elles-mêmes. Le graphique 1.1 donne l'évolution du taux de variation annuelle de la dépense intérieure de R&D exprimée en dollars constants de 1987. Ces taux expriment donc une croissance ou une décroissance "réelle" des dépenses de R&D, sans tenir compte de la croissance "virtuelle" liée à l'inflation.

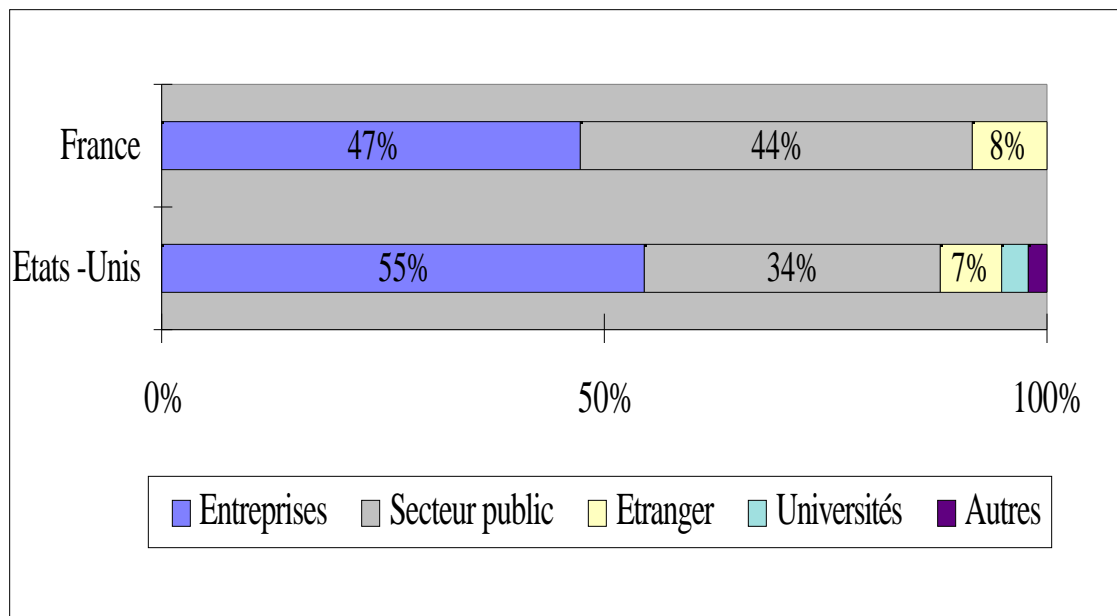
Comme on peut le constater, ces taux subissent de fortes variations d'une année sur l'autre, variations qui ne sont pas nécessairement toutes significatives sur le long terme. Une tendance générale indique cependant que la dépense de R&D stagne ou décroît depuis quelques années dans les deux pays. Ceci s'explique principalement par la baisse des crédits de R&D consacrés à la défense.



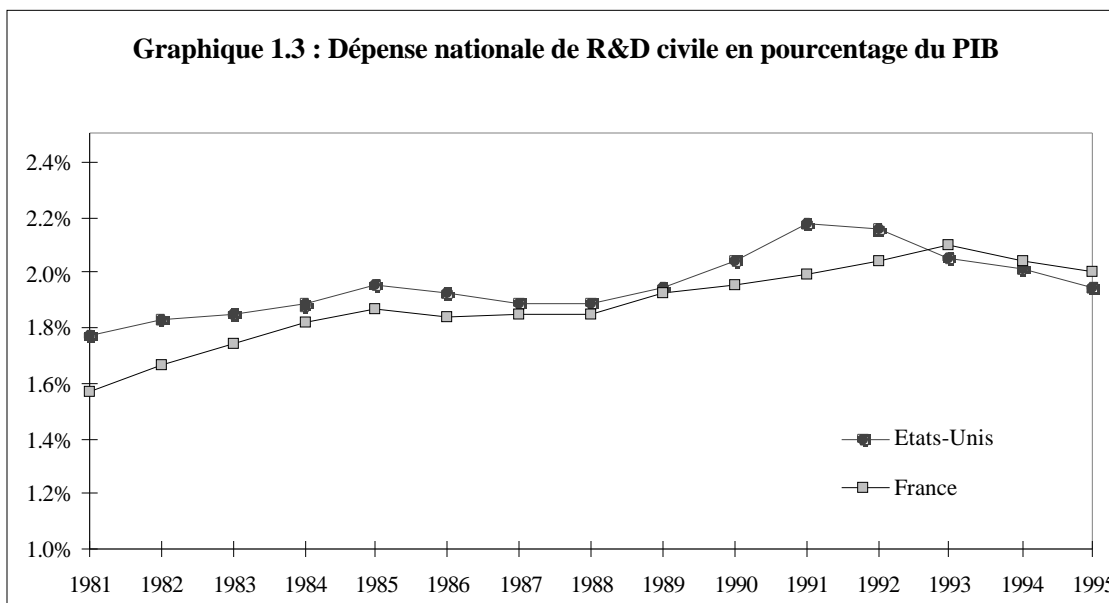
SOURCE : Science and Engineering Indicators, National Science Board - 1996

1.1.2 Part de la dépense nationale de R&D dans le Produit Intérieur Brut

Les graphiques 1.2 et 1.3 comparent l'évolution de la part des dépenses nationales de R&D, totales et civiles, dans le Produit National Brut en France et aux Etats-Unis. Les deux pays sont aujourd'hui à des niveaux d'investissement comparables. La part du PIB investie dans la R&D civile est aujourd'hui légèrement plus forte en France qu'aux Etats-Unis.



Graphique 1.3 : Dépense nationale de R&D civile en pourcentage du PIB



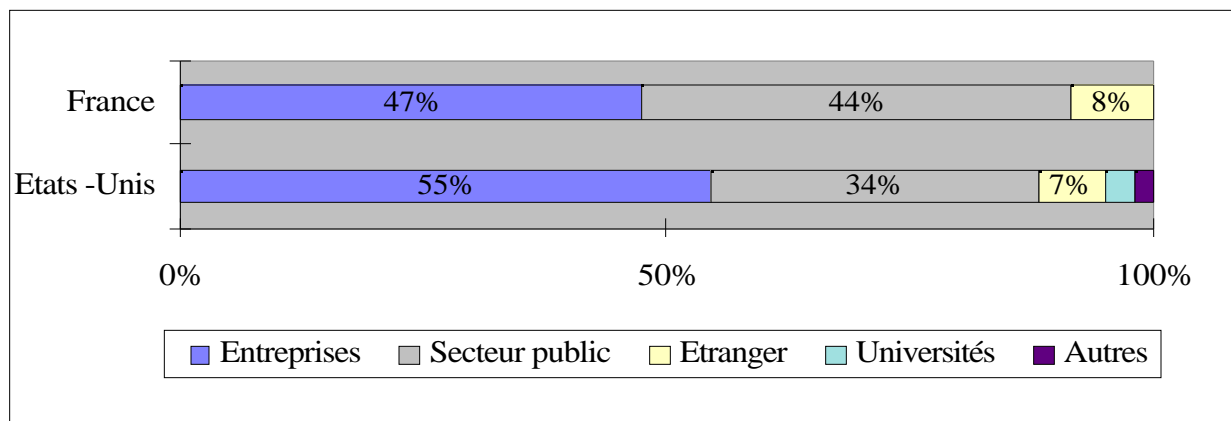
SOURCES : Bureau of Economic Analysis, Survey of Current Business (Washington, DC: Department of Commerce, monthly series) ; Office of Management and Budget, unpublished tabulations ; Science Resources Studies Division, National Science Foundation, National Patterns of R&D Resources : 1994

1.2 Structure du financement et de l'exécution de la R&D

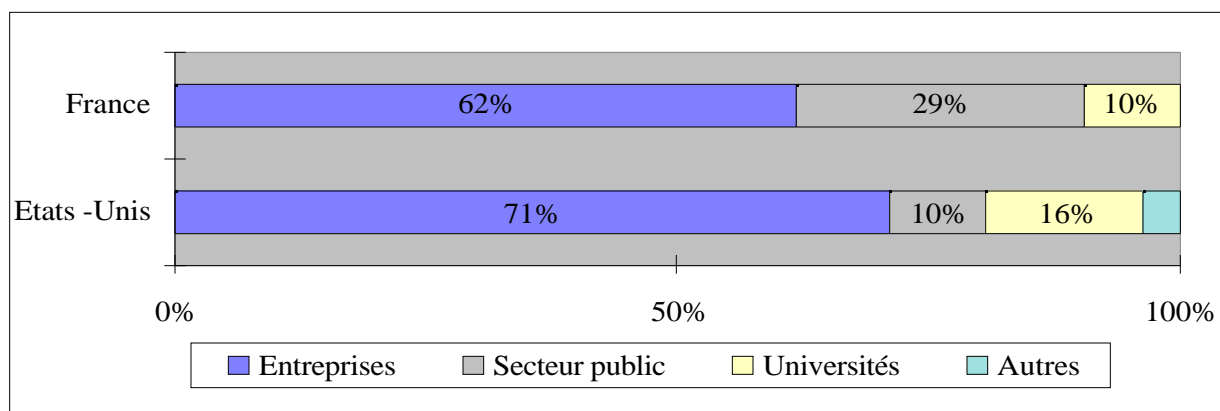
1.2.1 Aperçu général du financement et de l'exécution de la R&D

Les graphiques 1.4 et 1.5 résument la structure générale du financement et de l'exécution de la recherche et développement aux Etats-Unis et en France. A ce niveau très global de la comparaison, les deux systèmes paraissent encore assez proches. La part des entreprises dans le financement comme dans l'exécution est simplement un peu plus forte aux Etats-Unis qu'en France. Les entreprises américaines financent plus de la moitié de la R&D aux Etats-Unis (52%). A cela s'ajoutent les capitaux étrangers (7%) qui ne sont autres que les investissements de R&D des entreprises détenues majoritairement par des étrangers sur le sol américain. La part des entreprises, américaines ou non, dans le financement de la R&D aux Etats-Unis s'élève donc à 59%.

Graphique 1.4 : Structure du financement de la R&D aux Etats-Unis (1996) et en France (1995)



Graphique 1.5 : Structure de l'exécution de la R&D aux Etats-Unis(1996) et en France (1995)



SOURCES : Science Resources Studies Division, National Science Foundation, National Patterns of R&D Resources : 1996 ; Projet de Loi de Finances pour 1996

1.2.2 La part de la recherche publique

Aux Etats-Unis, le secteur public est moins présent qu'en France à la fois dans le financement et dans l'exécution de la R&D. Il finance 36 % de la R&D du pays, contre 44% en France. En terme d'exécution, si les organismes publics français représentent 29% du total, il faut également ajouter la quasi-totalité de la R&D effectuée dans les universités et les grandes écoles (10%) pour obtenir le total de la part du secteur public. Côté américain, d'une part les laboratoires fédéraux n'exécutent que 10% du total de la R&D nationale, et d'autre part les universités sont souvent privées ; leur contribution est donc à partager entre recherche publique et privée.

1.3 Financement et exécution de la recherche publique dans les deux pays

Ce paragraphe concerne toute la R&D qui est financée et/ou exécutée par des organismes publics (fédéraux pour les Etats-Unis). Il est très difficile d'établir une comparaison directe des différents acteurs du financement et de l'exécution de la recherche publique dans les deux pays, tant l'organisation et le découpage sont différents. Les acteurs et les structures se correspondent rarement d'un pays à l'autre. Par ailleurs, si les organismes publics de recherche français consomment une grande partie des crédits de recherche dont ils disposent en interne, ce n'est pas vraiment le cas des agences fédérales américaines, qui investissent la majeure partie de leur budget dans des recherches effectuées à l'extérieur des agences (dans les universités, dans les laboratoires fédéraux, dans l'industrie...).

Ce paragraphe se contente donc de décrire rapidement la structure de la recherche publique dans les deux pays, et conclue sur une tentative de comparaison des systèmes dans le cas particulier de la National Science Foundation et du Centre National de la Recherche Scientifique.

1.3.1 Acteurs de la recherche publique française

Comme vu au paragraphe précédent, le financement public de la R&D en France représente 44% du total national, soit 78.2 milliards de francs en 1994. Environ 80% de ces fonds (61.4 milliards de francs en 1994) sont consommés par des acteurs publics de la R&D, et 20% sont attribués aux entreprises. Il n'est pas tenu compte ici de l'argent investi par les administrations françaises dans des projets de recherche à l'étranger.

Toujours en 1994, les organismes de recherche publique français ont reçu, outre les 61.4 milliards de francs attribués par l'Etat, 3.2 milliards de francs de la part des entreprises et 2.4 milliards de francs de la part d'investisseurs étrangers. Au total, ce sont 67 milliards de francs dont disposait la recherche publique française en 1994. Le tableau 1.6 donne la répartition de ce budget entre les différentes catégories d'acteurs, ainsi que les effectifs de chercheurs et ingénieurs de recherche dans chacun des groupes, calculés en équivalent temps plein.

Tableau 1.6 : Exécution de la recherche publique en France en 1994

	Dépenses intérieures		Chercheurs et ingénieurs de recherche	
	Milliards de Francs	Part du total	Nombre	Part du total
Recherche civile	54.2	80.9%	79 431	96.3%
EPST, EPIC	31.8	47.5%	31 440	38.1%
EPA, services des administrations, institutions sans but lucratif	5.7	8.5%	6 844	8.3%
Enseignement supérieur (universités, grandes écoles)	16.7	24.9%	41 148	49.9%
Recherche défense	12.8	19.1%	3 049	3.7%
Total recherche publique	67 milliards de francs		82480 chercheurs et ingénieurs	

SOURCE : Projet de loi de finances pour 1997 – Etat de la Recherche et du Développement technologique

Les Etablissements Publics à caractère Scientifique et Technologique (EPST) et les Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial (EPIC) sont les principaux organismes de recherche publique civile (59% du budget total). Voici la liste des membres de ces deux catégories qui ont une activité de R&D (voir annexe 1 pour la signification de ces sigles) :

- EPST : INRA, CEMAGREF, INRETS, CNRS (hors laboratoires associés), INSERM, INED, ORSTOM
- EPIC : CEA, ADEME, IFREMER, CIRAD, CNES, ANVAR, BRGM, CSTB

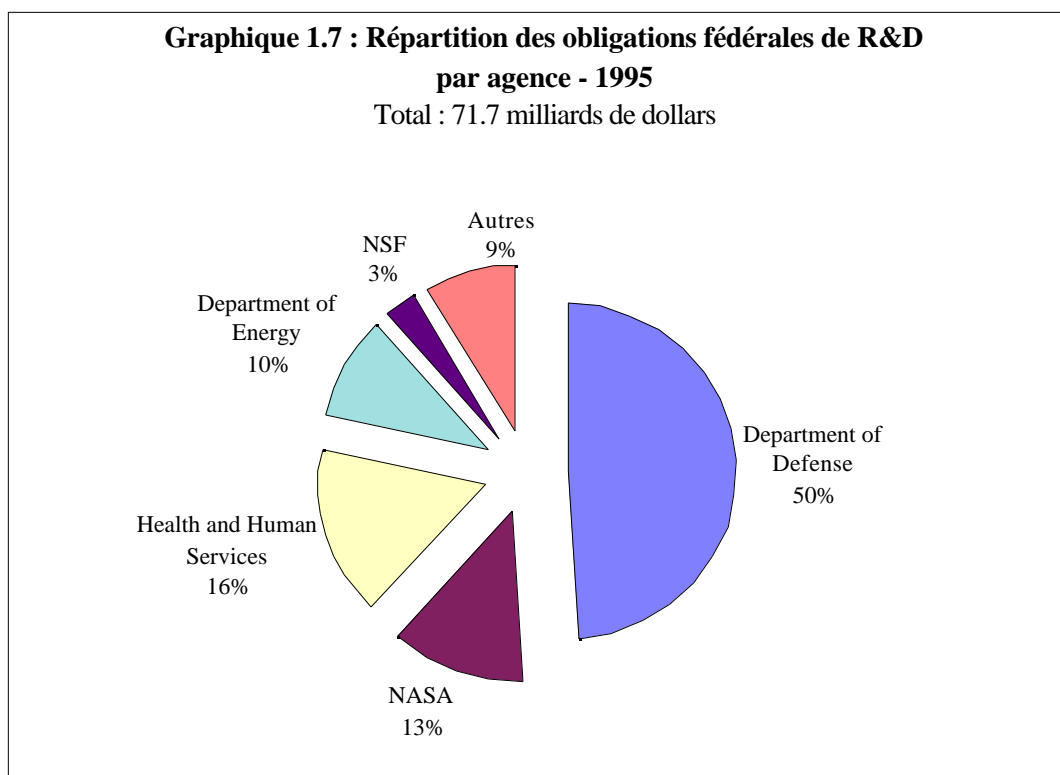
Les ressources de ces établissements proviennent principalement de dotations directes de l'Etat (78% de leur budget total de R&D en 1994). La part des ressources externes est en moyenne de 15% ; elle atteint 21% dans les EPIC, en raison de leur vocation industrielle et commerciale.

La rubrique EPA (Etablissements Publics Administratifs), services des administrations et institutions sans but lucratif regroupe toutes les activités de R&D réparties dans l'ensemble des ministères et des administrations centrales françaises, ainsi que les fondations et associations publiques. L'essentiel des sources de financement de ce secteur provient du budget de l'Etat, les ressources propres finançant essentiellement les fondations et associations publiques. L'équivalent de la R&D effectuée dans les EPA serait aux Etats-Unis la recherche en interne dans les agences fédérales.

1.3.2 Acteurs de la recherche publique américaine

La caractéristique centrale du financement fédéral de la R&D aux Etats-Unis est son découpage par agences, ou départements. Ces derniers constituent souvent les seuls intermédiaires entre le gouvernement et les exécutants de la R&D (les chercheurs). Le budget des agences fédérales est évalué en termes d’ “obligations”, qui représentent les montants des commandes passées, des contrats signés, des services reçus et d’autres transactions de ce type pendant une période donnée, habituellement une année, sans considération des dates d’appropriation des fonds ou de paiement.

Le graphique 1.7 résume la répartition des obligations fédérales de R&D par agence et par type d’activité. Le Department of Defense représente aujourd’hui la moitié des obligations fédérales, alors qu’il recevait près des deux tiers de l’enveloppe il y a seulement dix ans. Les Health and Human Services, plus connus pour leurs organes de recherche que sont les National Institutes of Health (NIH), constituent la première agence de financement de la recherche civile avec un budget annuel de près de 12 milliards de dollars. La National Science Foundation joue un rôle apparemment mineur, avec seulement 3% du budget fédéral de R&D, soit 6% du budget civil. Elle est pourtant la principale source de financement pour bon nombre de chercheurs universitaires. En effet, la NSF alloue la quasi-totalité de ses crédits à des projets universitaires de recherche fondamentale. Dans certains domaines comme la recherche fondamentale en chimie ou en sciences sociales, elle est le premier bailleur de fonds fédéral.



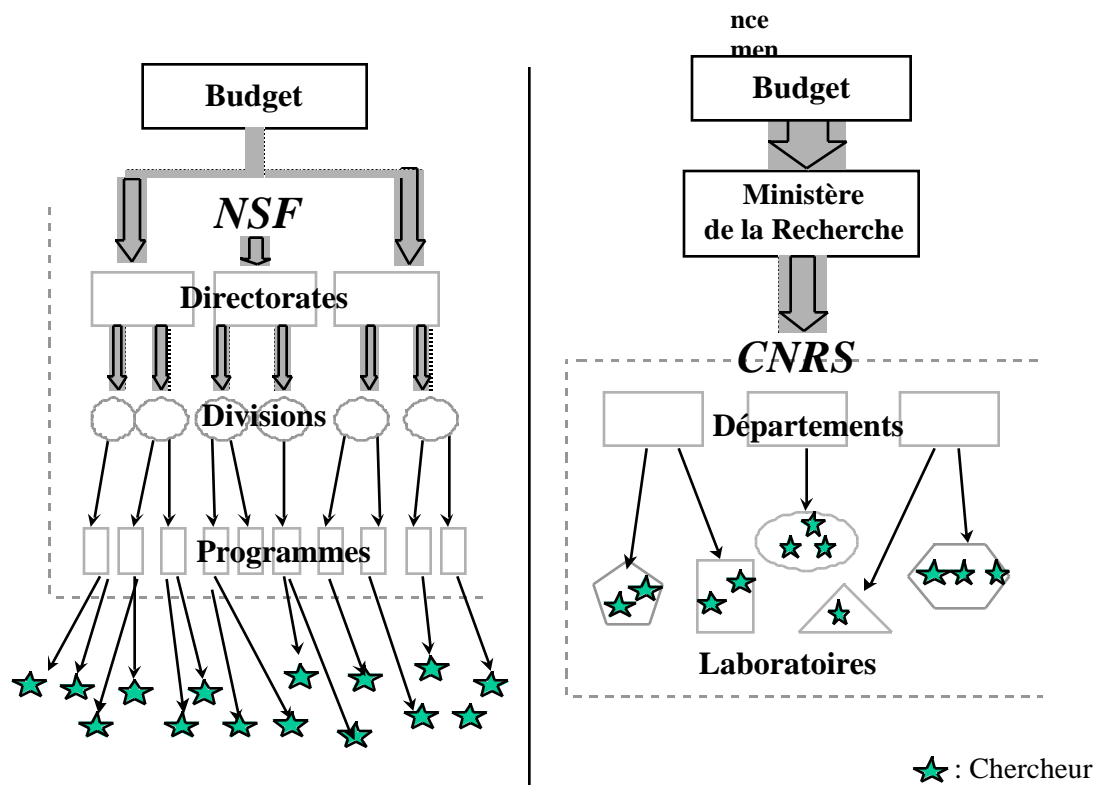
SOURCE : *Federal Funds for Research and Development – Fiscal Year 1994, 1995, and 1996*

1.3.3 Comparaison des mécanismes de financement à la NSF et au CNRS

Ce paragraphe tente de donner des premiers éléments de comparaison entre les systèmes de financement de la recherche mis en oeuvre à la National Science Foundation (NSF) et au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Le graphique 1.8 accompagne ces réflexions d'une représentation visuelle du trajet qu'empruntent les fonds publics dans les deux cas.

Le système mis en oeuvre à la NSF est surnommé "bottom-up" : le bout de la chaîne, l'exécutant (le chercheur en personne) est directement relié au décideur, celui qui attribue les crédits, à savoir le directeur du programme concerné de la NSF, et plus précisément le comité d'experts que ce dernier réunit pour évaluer les projets de recherche. Le chercheur rédige une proposition de projet de recherche, l'envoie au directeur de programme, qui la fait évaluer par une commission d'experts, puis décide de financer ou non le projet via une subvention (grant). Techniquement, les subventions sont attribuées aux départements des universités, et non directement aux chercheurs. Mais l'enveloppe concerne un projet bien précis, et doit être utilisée par le chercheur subventionné pour effectuer les travaux qu'il a proposés.

Graphique 1.8 : représentation schématique des mécanismes de financement de la recherche à la NSF et au CNRS



Au CNRS, le financement comme l'évaluation se font de manière plus fragmentée, et les intermédiaires sont multiples. D'abord, entre le vote du budget de l'Etat et le CNRS se trouve le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, intermédiaire qui n'existe pas dans le système américain. Par ailleurs, le financement de la recherche ne se fait pas par projet, mais par unité, et au niveau supérieur par département. Un chercheur a son budget inclus dans celui de son

unité. En pratique, cela signifie d'une part que le chercheur français passe en moyenne moins de temps que son collègue américain à se battre pour obtenir des financements, et que sa situation est plus stable. En revanche, ce système laisse beaucoup de place aux luttes de pouvoir et aux combats internes, ceux-ci pouvant déboucher sur des injustices, sur des phénomènes de contre-productivité ou sur des erreurs stratégiques.

En apparence, le budget de la NSF est dédié à la recherche, alors qu'au CNRS, 75% du budget est réservé aux salaires de chercheurs fonctionnaires. On dit souvent que le CNRS ne dispose que du quart de son budget pour financer la recherche dans ses laboratoires. Cependant, il ne faut pas oublier que le financement d'un projet par la NSF est aussi destiné à couvrir des salaires de chercheurs, de doctorants, de post-docs et de techniciens pendant la durée du projet.

Le Directeur de Programme de la NSF est comme un gardien du temple. Il doit être un exemple d'impartialité et d'intégrité. Le fait que tous les directeurs de programme soient rassemblés sur le même lieu géographique, le fait qu'un passage à la NSF en qualité de directeur de programme représente une distinction pour un chercheur, peut-être également la culture scientifique elle-même, la rationalité qui l'accompagne, tous ces facteurs font que les décideurs de la NSF parviennent assez bien à éviter sur le plan personnel les écueils du copinage et de l'esprit de chapelle. Par contre, et c'est inévitable, les évaluations effectuées par les comités d'experts sont souvent marquées par des considérations subjectives, ou du moins par des préférences et des phénomènes de mode. Et dans un domaine donné, le franc-tireur, celui qui travaille un peu en marge des théories à la mode, aura certainement plus de mal à avancer qu'en France.

Un autre inconvénient sérieux de la structure "bottom-up" provient du fait que les chercheurs doivent passer beaucoup de temps à défendre leurs projets pour obtenir des financements. Cela se traduit par un très grand nombre de Ph.D. et de post-docs financés au travers des subventions de la NSF, qui sont les chevilles ouvrières des projets subventionnés.

2. PUBLICATIONS, CO-PUBLICATIONS ET CITATIONS

2.1 Origine et signification des données présentées

Les données utilisées dans ce chapitre proviennent du Science Citation Index (SCI) du Institute of Scientific Information (ISI). La base SCI regroupe les publications parues dans 4681 revues de science et ingénierie. Elle classe les articles par discipline, 99 au total, regroupées en huit grands champs :

- Biologie
- Recherche biomédicale
- Médecine clinique
- Chimie
- Physique
- Sciences de la Terre et de l'Espace
- Mathématiques
- Technologies de l'Ingénierie.

Deux catégories de données sont à distinguer dans les tableaux de ce chapitre : les données "brutes", et les données "fractionnaires". Dans les deux cas, on définit la production scientifique d'un pays comme celle effectuée sur son territoire, sans considération de la nationalité des chercheurs.

Dans les données brutes, on comptabilise un article dans la production d'un pays dès lors qu'un de ses auteurs est en poste dans le pays en question. Par exemple, un article co-signé par un belge en Belgique, un américain en France et un américain aux Etats-Unis sera compté trois fois : une unité pour la Belgique, une pour la France et une pour les Etats-Unis.

Dans le décompte fractionnaire, on répartit la masse totale d'un article (valant une unité) entre les différents pays auteurs. Un article 100% américain sera toujours compté comme une unité pour les Etats-Unis, tandis qu'une coopération franco-américaine, impliquant par exemple deux scientifiques aux Etats-Unis et un en France, ajoutera $2/3$ au compte américain et $1/3$ au compte français.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux données agglomérées, toutes disciplines confondues.

2.2 Statistiques sur les publications, toutes disciplines confondues

2.2.1 Volume des publications

Le volume des publications scientifiques et technologiques permet de se faire une idée des positions relatives et des rôles joués par les Etats-Unis et la France dans la communauté

internationale. Une première série de remarques évidentes, mais qui font partie de la toile de fond de cette étude, porte sur la différence d'échelle entre les deux pays.

Les américains signent (ou co-signent) six fois plus d'articles scientifiques ou technologiques que les français.

En 1993, 152 871 articles impliquaient un auteur américain, contre 25 966 (six fois moins) côté français. Si l'on s'intéresse au décompte fractionnaire, la proportion se confirme : la participation américaine aux publications mondiales est évaluée à 140 653, contre 21 590 pour la France. Il est bon de préciser ici les populations respectives des deux pays : en France, 57.7 millions de personnes en 1994, contre 260.6 millions aux Etats-Unis à la même date (4.5 fois plus).

Les Etats-Unis produisent à eux seuls un quart des articles publiés dans le monde.

Si l'on prend par exemple l'année 1993, les Etats-Unis ont été impliqués dans 152 871 articles, parmi lesquels seulement 24 737 étaient des copublications internationales. Il reste donc 128 134 articles purement américains, sur les 413 581 publiés dans le monde cette année-là. Le même calcul pour la France évalue à 17 785 le nombre d'articles exclusivement français.

Les Etats-Unis sont impliqués dans plus d'un article scientifique sur trois.

Sur les 413 581 articles publiés dans le monde en 1993, 152 871 impliquaient un organisme de recherche américain.

2.2.2 Répartition de la production mondiale par pays

Si l'on définit, pour un pays, sa part de la production scientifique mondiale comme le quotient de sa participation fractionnaire par le nombre total d'articles produits dans le monde, la France arrive en 1993 en cinquième position, derrière les Etats-Unis, le Japon, le Royaume-Uni, et l'Allemagne (voir tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Répartition de la production scientifique mondiale en 1993

	1981	1993
EU	35.9 %	34 %
Japon	6.8 %	8.9 %
Royaume-Uni	8.3 %	7.6%
Allemagne	7.3 %	6.8 %
France	5.0 %	5.2 %
Union Soviétique	8 %	*5.1 %

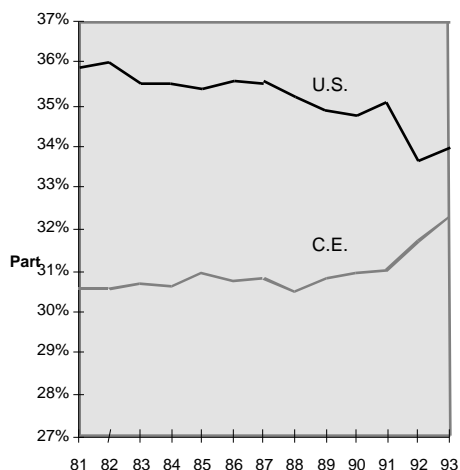
données ISI - traitement NSF

2.2.3 Evolution des parts des pays dans la production mondiale

Si les Etats-Unis conservent une place prédominante dans la production mondiale d'articles scientifiques, cette hégémonie a tendance à légèrement s'effriter, au profit du Japon et de la Communauté Européenne. Les graphiques 2.2 et 2.3 donnent une idée de cette évolution.

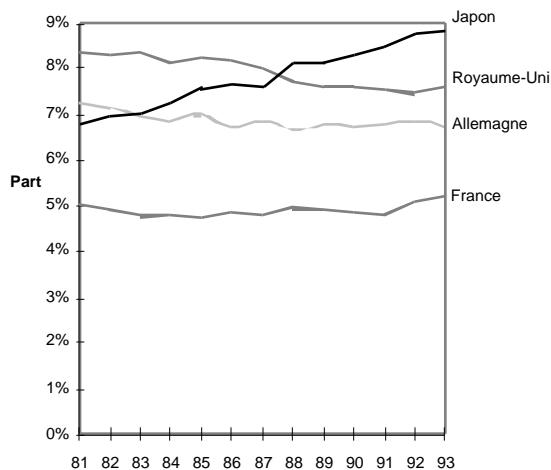
Graphique 2.2

Part des Etats-Unis et de la Communauté Européenne dans les publications mondiales



Graphique 2.3

Parts des principaux pays européens et du Japon dans les publications mondiales



données ISI - traitement NSF

La France maintient sa position, avec environ 5% de la production mondiale d'articles scientifiques.

2.2.4 Evolution du nombre des co-publications France - Etats-Unis

Suivant une tendance que l'on retrouve dans l'ensemble de la communauté scientifique internationale, le nombre de co-publications entre la France et les Etats-Unis a fortement augmenté au cours des quinze dernières années. Le tableau 2.4 permet de comparer cette évolution à ce qui se passe entre les Etats-Unis et les autres pays d'importance comparable à la France dans le domaine de la R&D.

Tableau 2.4

	1981	1985		1990		1993	
	co-publications avec les E.U.	co-pub. avec les E.U.	croissance depuis 1981	co-pub. avec les E.U.	croissance depuis 1981	co-pub. avec les E.U.	croissance depuis 1981
France	812	1197	147%	1762	217%	2326	286%
Royaume-Uni	1490	1995	134%	2303	155%	2860	192%
Allemagne	1247	1703	137%	2272	182%	3014	242%
Japon	794	1178	148%	1860	234%	2456	309%
Canada	1425	1893	133%	2507	176%	3012	211%
Italie	437	750	172%	1235	283%	1651	378%

données ISI - traitement NSF

2.3 Statistiques sur les publications par discipline

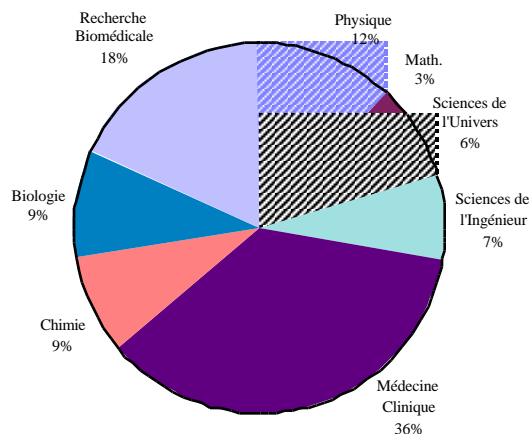
Les valeurs des données présentées dans ce paragraphe sont fractionnaires, au sens défini en introduction de ce chapitre. Les nombres exacts de publications par domaine ne présentent pas grand intérêt dès lors que l'on a une idée précise de l'échelle de la production globale de chaque pays. Aussi, la présentation sous forme de pourcentage a été ici privilégiée.

2.3.1 Répartition par discipline dans chaque pays

Les figures 2.5 et 2.6 donnent la répartition des publications par domaine scientifique et technique pour les deux pays. Cette première source d'information permet de confirmer des impressions portant sur les domaines de prédilection des deux pays. En particulier, on constate que la France produit en proportion une grande quantité d'articles en sciences dures (mathématiques, physique et chimie ajoutées constituent un tiers de la production globale). Aux Etats-Unis, ces disciplines sont moins privilégiées, et la majorité des publications traitent de médecine clinique et de recherche biomédicale.

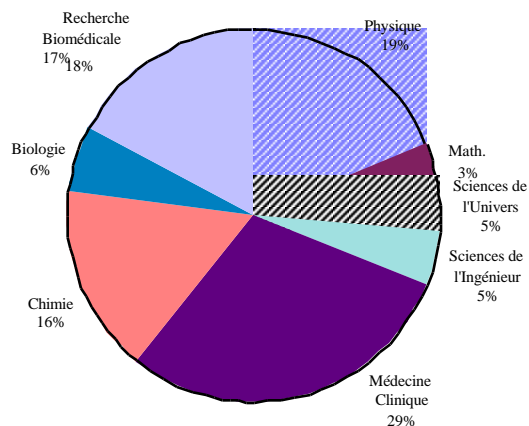
Graphique 2.5

Publications américaines (1981-1993)



Graphique 2.6

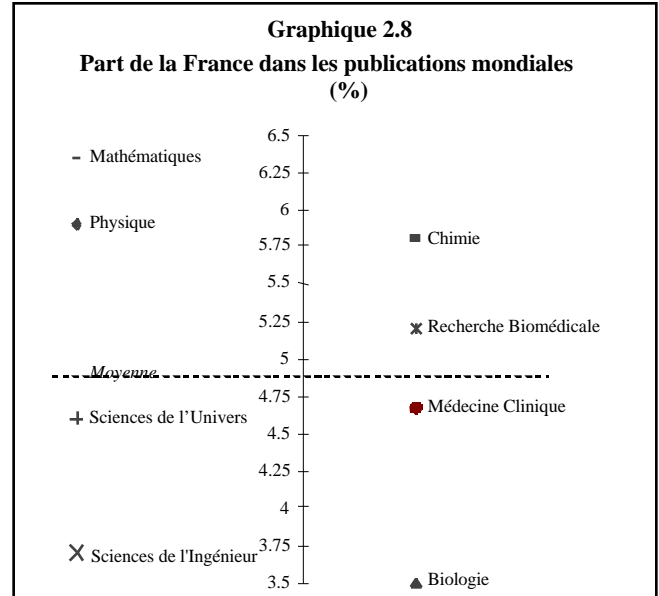
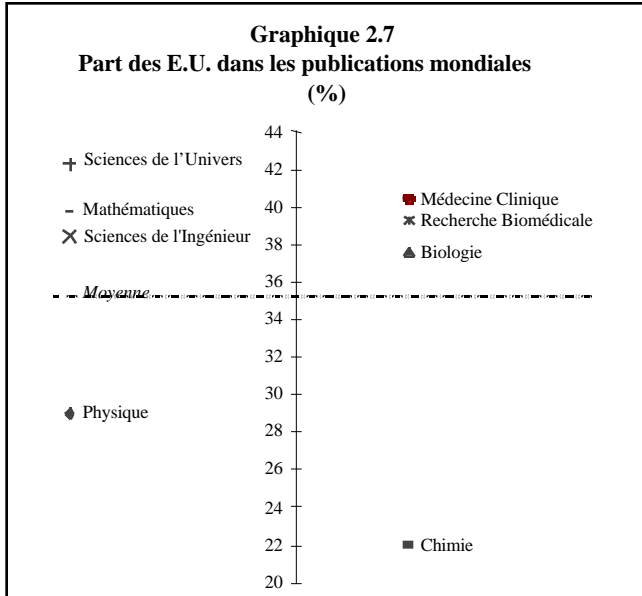
Publications françaises (1981-1993)



données ISI - traitement NSF

2.3.2 Part des publications mondiales de chaque pays par discipline

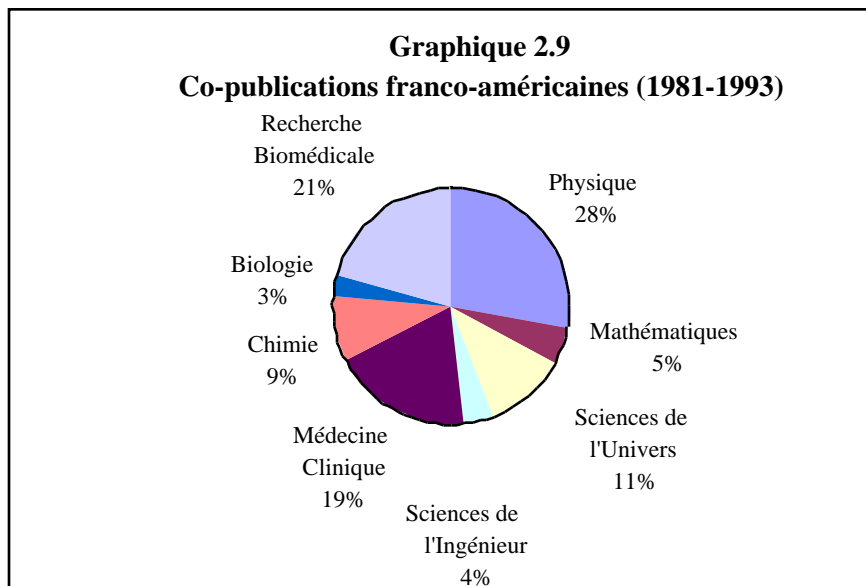
On peut tirer des conclusions semblables de la comparaison des parts de chacun des deux pays dans les publications scientifiques mondiales (graphiques 2.7 et 2.8). La contribution des Etats-Unis en chimie et en physique est très inférieure à la part moyenne du pays. Les disciplines où la part des Etats-Unis est au-dessus de la moyenne du pays sont les sciences de la terre, les mathématiques, la médecine clinique et la recherche biomédicale. Pour la France, les disciplines nettement en-dessous de la moyenne nationale sont la biologie et les sciences pour l'ingénieur ; tandis que la part des mathématiques, de la physique et de la chimie – traditionnelles disciplines d'excellence française – est bien au-dessus.



SOURCE: Institute for Scientific Information, SCI data base ; CHI Research Inc., Science and Engineering Indicators data base ; and NSF special tabulations.

2.3.3 Co-publications franco-américaines

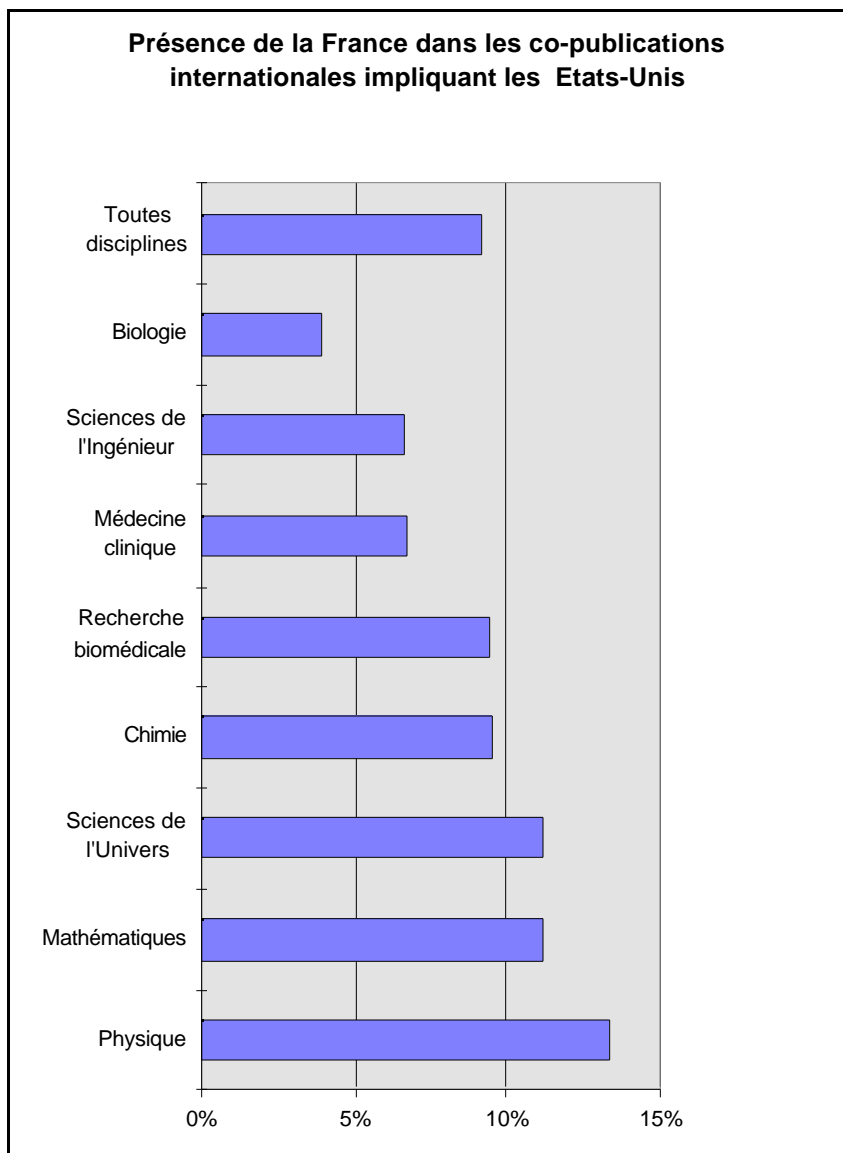
Si le nombre global de co-publications a fortement évolué au cours des vingt dernières années, la répartition des articles par domaine ne change quasiment pas. En comparant la répartition des co-publications France-EU par domaine avec ce qui se passe en interne dans chaque pays, il apparaît certaines distorsions révélatrices. Les domaines dans lesquels les deux pays coopèrent en proportion davantage qu'ils ne publient chacun de leur côté sont la physique, les mathématiques et les sciences de l'univers, en résumé les sciences dures. De l'autre côté, les matières dans lesquelles la coopération est proportionnellement faible sont la médecine clinique, la biologie et l'ingénierie.



données ISI - traitement NSF

On retrouve les mêmes tendances lorsque l'on s'intéresse à la présence de la France, par discipline, dans les co-publications internationales auxquelles participent les Etats-Unis. En effet, si la France est impliquée dans plus de 10% des co-publications internationales américaines dans le domaine des sciences dures, cette proportion est nettement plus faible dans le domaine des sciences du vivant et de l'ingénierie. On retrouvera cette hiérarchie dans les domaines de prédilection de la coopération France-EU en étudiant les taux de citation entre les deux pays.

Graphique 2.10

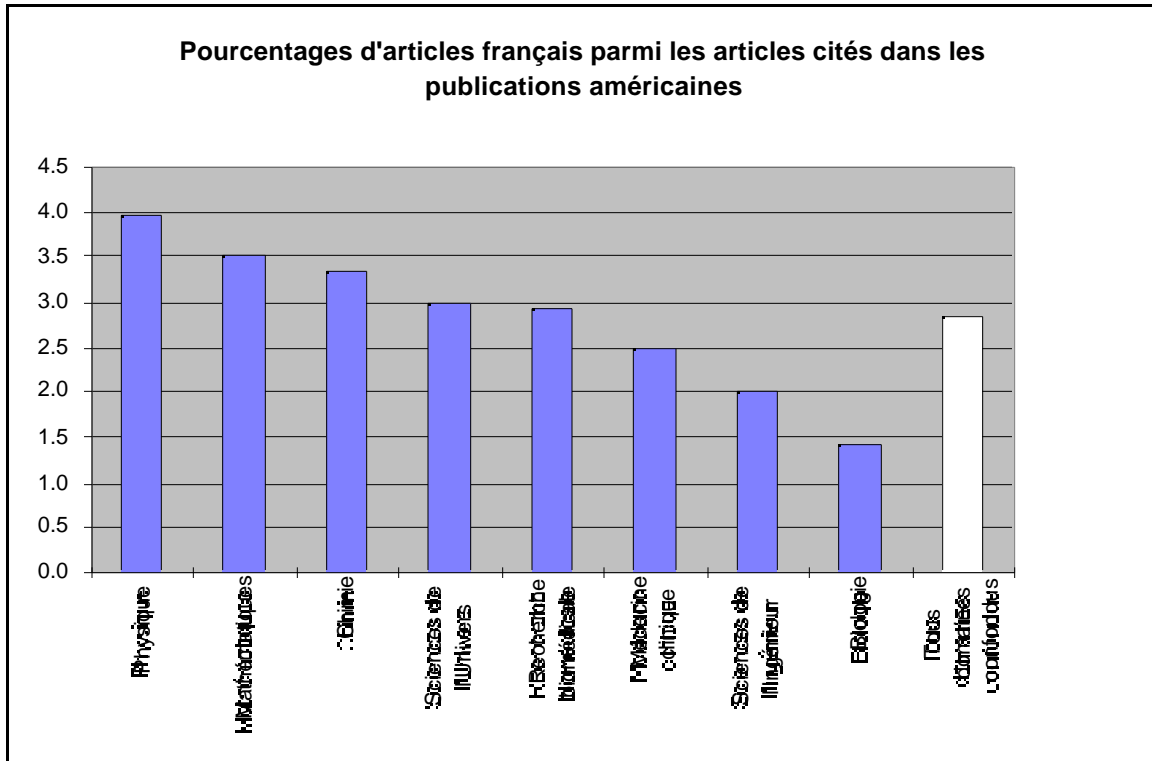


données ISI - traitement NSF

2.4 Taux de citation

L'analyse des taux de citation par discipline permet de confirmer ce qui vient d'être constaté dans le domaine des co-publications. En effet, il apparaît clairement que les domaines de la production scientifique française auxquels les américains s'intéressent le plus sont ceux des sciences exactes : physique, chimie, et mathématiques (voir graphique 2.11). Comparativement, la biologie française est très peu citée par les auteurs américains.

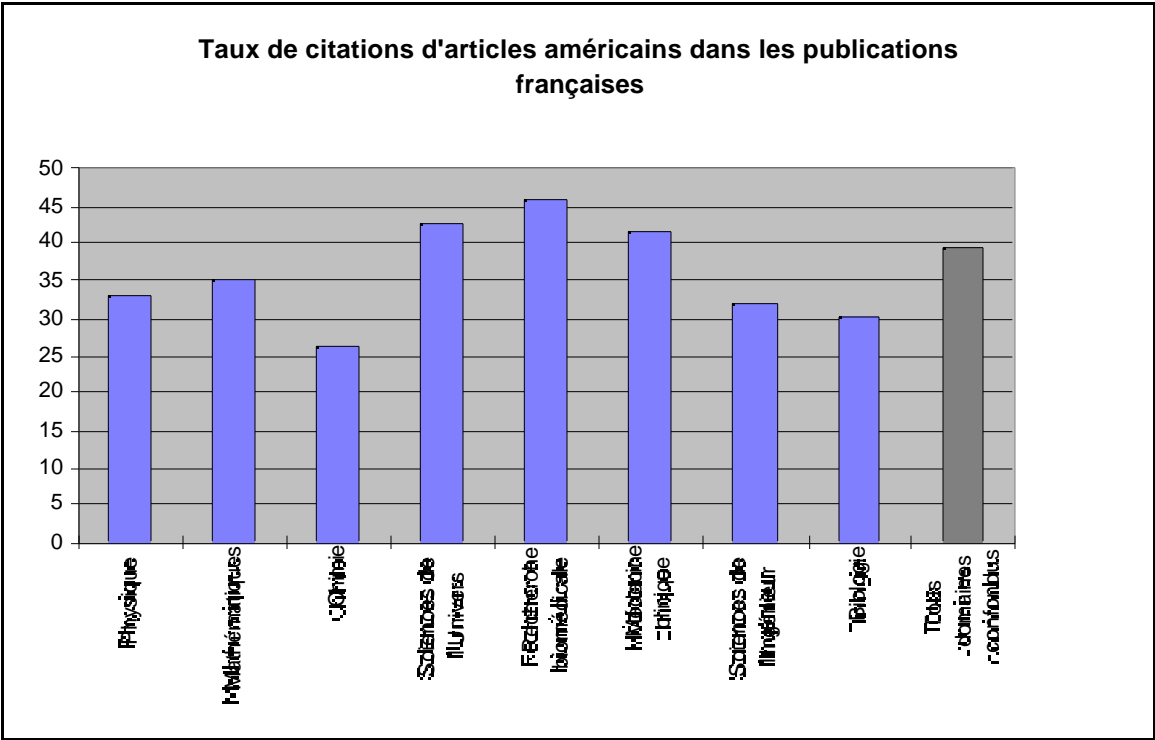
Graphique 2.11



données ISI - traitement NSF

En sens inverse, la France cite évidemment très souvent la littérature scientifique américaine, qui représente, rappelons-le, un tiers de la production mondiale. Les articles de recherche biomédicale sont nettement plus cités que les autres (46% des articles français y font référence), tandis que la chimie américaine fait nettement moins référence.

Graphique 2.12



données ISI - traitement NSF

3 QUELQUES ELEMENTS CONCERNANT LES ECHANGES TECHNOLOGIQUES ENTRE LA FRANCE ET LES ETATS-UNIS

3.1 La France dans les brevets américains

Sont rassemblés dans ce paragraphe les chiffres disponibles à la National Science Foundation portant sur la participation française aux brevets déposés aux Etats-Unis. Cette présence peut être évaluée par deux mesures différentes : d'une part les inventeurs de nationalité française déposant un brevet aux Etats-Unis, d'autre part les articles scientifiques écrits en France et cités en première page des brevets.

Deux sources de données sur les brevets sont utilisées à la NSF : une source gouvernementale, le *US Patent and Trademark Office*, et une entreprise privée, *CHI Research Inc.*, spécialisée dans l'analyse des données sur les brevets américains. Parmi les indicateurs fournis par CHI à la NSF, certains font apparaître la France dans le cadre de comparaisons internationales. C'est sur cette base que sont construits les indicateurs exposés dans ce chapitre. Il est clair cependant que l'analyse de la présence française dans les brevets américains ne figure pas parmi les objectifs du contrat entre la NSF et CHI. Pour autant, la base de données exploitée par CHI permettrait, dans le cadre d'un contrat ad hoc, d'évaluer avec précision le rôle joué par la France dans les brevets américains, ainsi que le recours à la science française, mesuré à partir des citations en première page des brevets. Ainsi, ce chapitre ne présente qu'une faible partie des informations dont dispose CHI sur le sujet de la présence française dans les brevets américains.

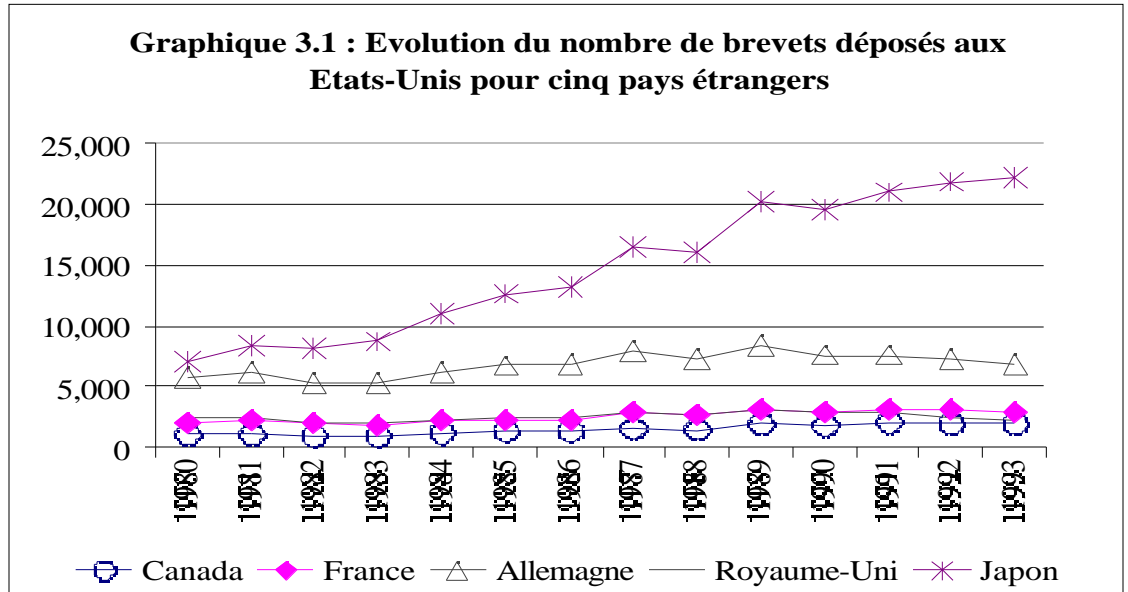
3.1.1 Rang de la France en nombre total de brevets déposés aux Etats-Unis

En 1993, 46% des brevets américains ont été déposés par des inventeurs étrangers. Parmi ces 45100 brevets déposés par des étrangers, près de la moitié sont obtenus par les japonais (22290 brevets). L'Allemagne arrive en deuxième position, avec 6900 brevets. La France occupe le troisième rang des pays étrangers déposant le plus de brevets aux Etats-Unis, avec 2900 brevets déposés en 1993 (3% du nombre total de brevets).

Le graphique 3.1 donne l'évolution des positions des cinq pays étrangers les plus présents dans les brevets américains. A eux seuls, ces cinq pays représentent 80% des brevets déposés par des étrangers aux Etats-Unis. L'essor du Japon est particulièrement notable sur ce graphique : le nombre des brevets déposés chaque année par des japonais aux Etats-Unis a pratiquement triplé en dix ans. Les inventeurs japonais excellent dans les domaines de l'électronique, dans l'industrie automobile, et dans les technologies de l'information en général.

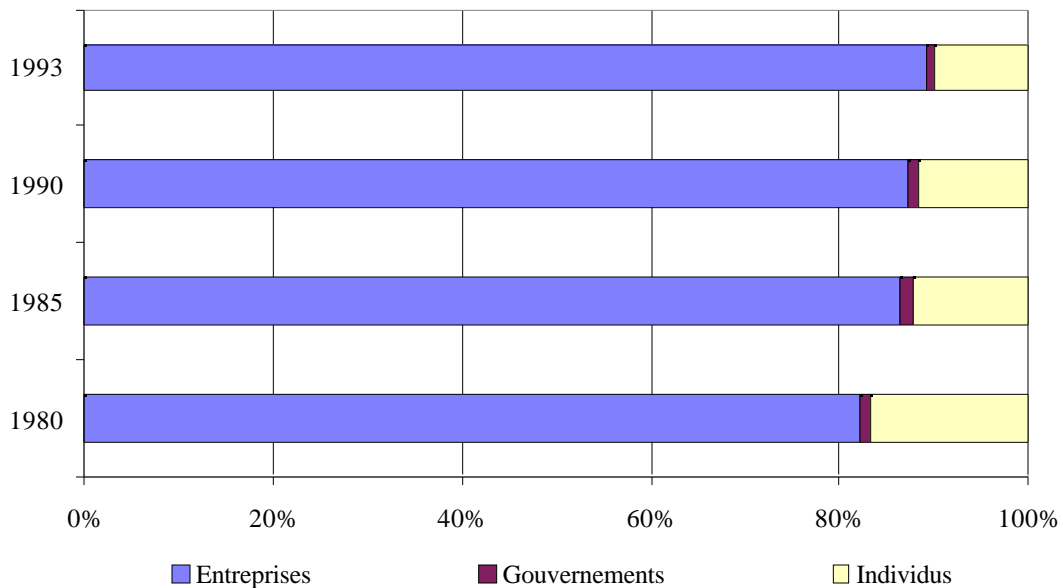
Un autre indicateur disponible à la NSF donne la répartition des inventeurs étrangers déposant des brevets aux Etats-Unis par secteur d'activité d'origine (graphique 3.2). Si les chiffres ne donnent pas le détail par pays, ils permettent néanmoins de constater la très nette prédominance du secteur des entreprises, qui regroupe aujourd'hui près de 90% des brevets déposés par des étrangers aux Etats-Unis. Cette domination des entreprises continue de

s'accroître, au détriment des inventeurs individuels. Ces derniers déposaient 17% des brevets en 1980, et leur part atteint à peine 10% en 1993. A titre de comparaison, parmi les brevets déposés par des américains aux Etats-Unis, la part des inventeurs individuels s'est maintenue entre 20% et 25% au cours de la même période.



SOURCE: U.S. Patent and Trademark Office, *Patenting Trends in the United States, 1963-93* (Washington, DC: September 1994).

Graphique 3.2 : Répartition des inventeurs étrangers déposant des brevets aux Etats-Unis par secteur d'activité d'origine



3.1.2 Rang de la France en nombre de brevets déposés aux Etats-Unis, par domaine

Les tableaux 3.3 à 3.8 donnent, dans six domaines technologiques majeurs, la part des principaux pays dans les brevets déposés aux Etats-Unis entre 1980 et 1993. La France figure chaque fois parmi les six premiers, donc parmi les cinq premiers pays étrangers. C'est dans l'aéronautique que la part des brevets obtenus par la France est la plus forte (4.5% du nombre total des brevets décernés entre 1980 et 1993), et c'est dans l'informatique qu'elle est la plus faible (2.3% du total).

Le Royaume-Uni joue un rôle comparable à celui de la France. L'Allemagne est largement en tête des autres pays européens, en particulier dans les domaines technologiques liés à l'industrie lourde (les machines, l'industrie automobile).

Tableaux 3.3 à 3.8 : Répartition des brevets américains par nationalité des inventeurs et par discipline - Période 1980-1993

Informatique	
Etats-Unis	49.7%
Japon	37.1%
Allemagne	5.1%
Royaume-Uni	2.3%
France	2.3%
Italie	0.9%
Pays-Bas	0.9%

Machines industrielles	
Etats-Unis	55.2%
Japon	18.0%
Allemagne	12.6%
France	3.8%
Royaume-Uni	3.5%
Canada	2.1%
Italie	1.9%

Radio et télévision	
Etats-Unis	41.8%
Japon	40.7%
Allemagne	5.3%
Royaume-Uni	3.0%
Pays-Bas	2.8%
France	2.7%
Corée du Sud	1.3%

Composants électriques et matériel de communication	
Etats-Unis	53.9%
Japon	27.9%
Allemagne	5.5%
France	3.8%
Royaume-Uni	3.1%
Pays-Bas	1.8%
Canada	1.5%

Automobile	
Etats-Unis	44.0%
Japon	30.5%
Allemagne	13.9%
France	3.2%
Royaume-Uni	3.1%
Canada	2.0%
Italie	1.4%

Aéronautique	
Etats-Unis	46.9%
Japon	27.6%
Allemagne	12.5%
Royaume-Uni	4.7%
France	4.5%
Canada	1.3%
Italie	1.3%

*SOURCE : S&E Indicators 1996 - National Science Board
Origine des données : CHI Research, Inc., International Technology Indicators database (Avril 1994)*

3.1.3 Impact des publications scientifiques françaises sur les brevets

Les brevets déposés aux Etats-Unis font régulièrement référence à des publications scientifiques, qui constituent souvent le fondement théorique de l'invention enregistrée. L'entreprise CHI Research dispose depuis peu d'une base de données complète des citations d'articles scientifiques dans les brevets américains enregistrés depuis 1972.

Une étude récemment commandée par la National Science Foundation à CHI Research révèle que le nombre de citations par brevet augmente très fortement depuis une dizaine d'années (il est passé de 0.4 à 1.7 entre 1986 et 1996). Le lien entre l'innovation technologique et la recherche fondamentale et appliquée aurait donc tendance à se renforcer. Par ailleurs, 73% des articles cités dans les brevets en provenance de l'industrie américaine font référence à la littérature scientifique résultant de subventions publiques, produite principalement dans les universités et les laboratoires fédéraux américains.

La base de données dont dispose CHI Research permet d'isoler la France d'une part comme pays d'origine des brevets contenant des citations d'articles scientifiques, d'autre part comme pays d'origine des articles scientifiques cités dans les brevets. Par exemple, les chiffres suivants ont été gracieusement fournis par CHI Research :

- 12% des citations trouvées dans les brevets dont l'un des inventeurs au moins est français font référence à des articles écrits en France. Les publications scientifiques françaises représentent environ 5% du total des publications dans le monde. Les français brevetant aux Etats-Unis font donc souvent référence aux publications françaises, compte tenu du rôle que tient la France dans la production scientifique.
- 10% des brevets faisant référence à un article dont un des auteurs au moins est en France, sont d'origine française. La part de la France dans le nombre total de brevets déposés aux Etats-Unis ne dépassant pas 3%, on peut ici statuer que les brevets faisant référence à la littérature française ont souvent pour inventeur un Français.

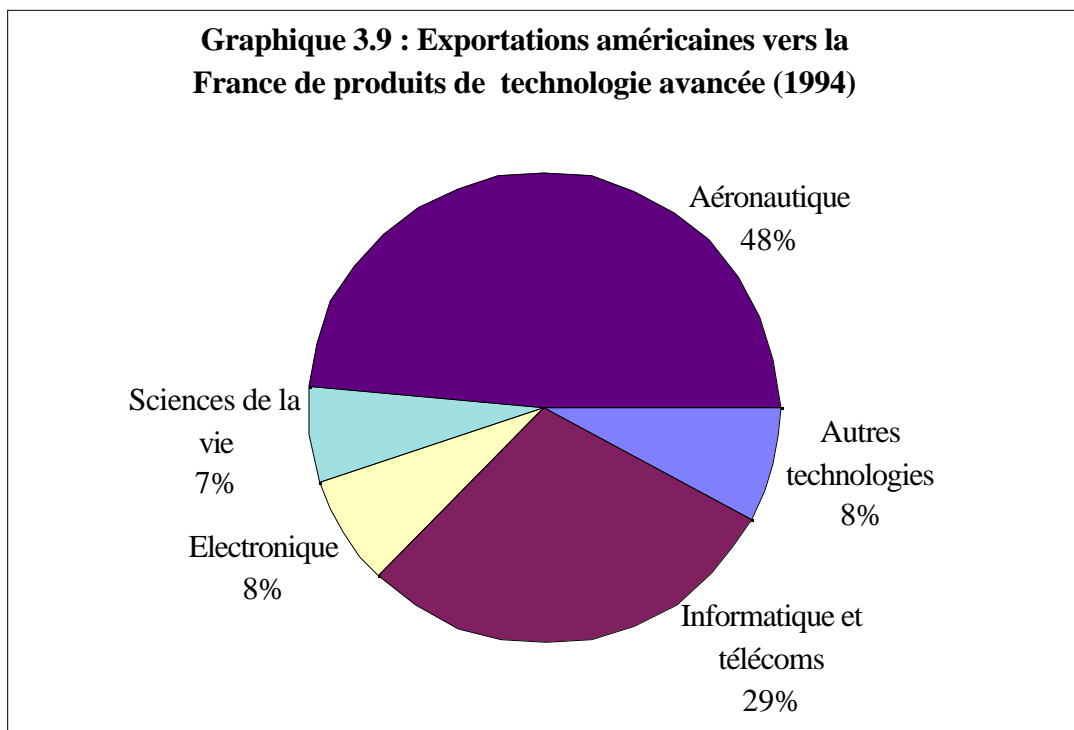
Ces deux chiffres conduisent à une seule conclusion : la France, comme bon nombre d'autres pays d'ailleurs, puise plus facilement dans ses propres ressources scientifiques que dans celles d'autres nations pour développer de nouvelles technologies.

3.2 Technologie avancée : échanges commerciaux entre France et Etats-Unis

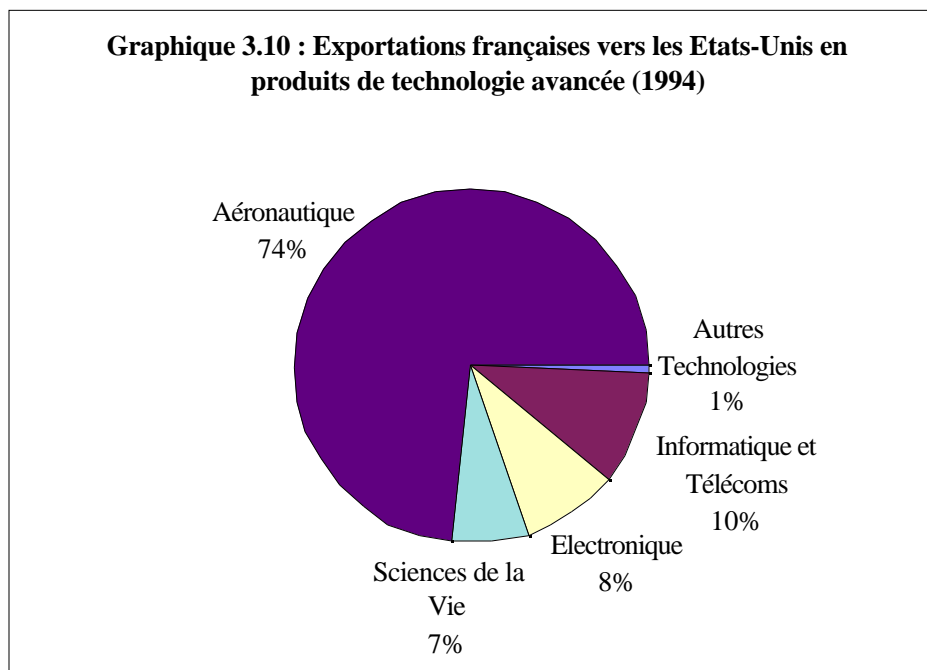
Les deux graphiques 3.9 et 3.10 donnent la répartition des échanges entre la France et les Etats-Unis en terme de produits de technologie avancée. Dans chacune des catégories, seuls les produits innovants sont pris en compte. Par exemple, dans le secteur de l'informatique et des télécommunications, les produits comptabilisés sont ceux "permettant de traiter plus rapidement de plus grands volumes d'information".

L'aéronautique est de loin le domaine dans lequel les échanges sont les plus importants : les trois-quarts des exportations françaises de produits de technologie avancée vers les Etats-Unis, et près de la moitié des exportations américaines vers la France, se font dans ce secteur. L'exportation de produits américains vers la France est également importante dans l'informatique et les communications (29% du total).

La balance commerciale entre les deux pays dans les produits de technologie avancée est finalement excédentaire au bénéfice des Etats-Unis : 866 millions de dollars d'excédent, soit 15% des exportations américaines vers la France. A titre comparatif, l'excédent mondial des Etats-Unis dans les produits de technologie avancée est de 22.4 milliards, (18.5% des exportations).

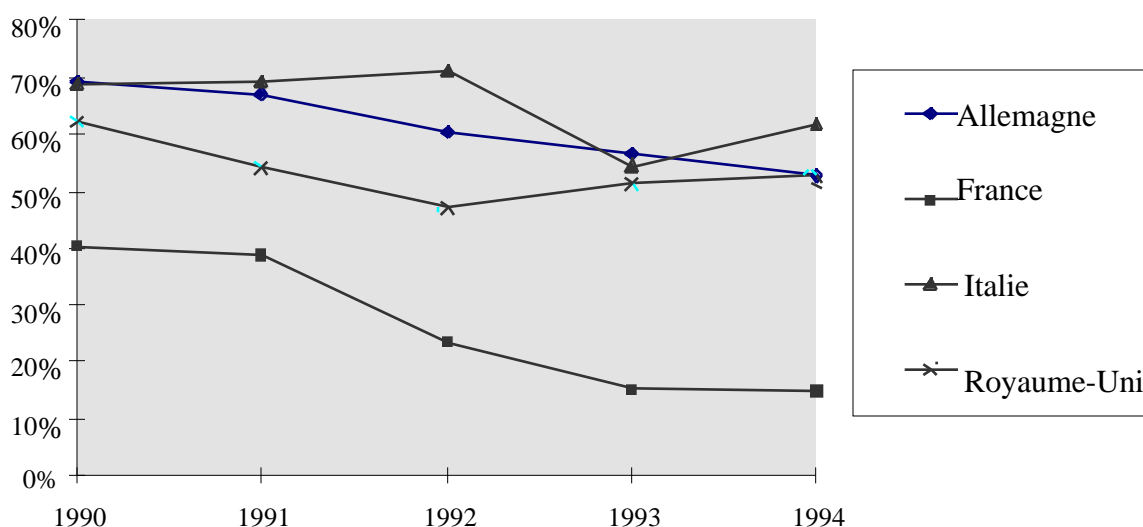


Graphique 3.10 : Exportations françaises vers les Etats-Unis en produits de technologie avancée (1994)



Le graphique 3.11 donne l'évolution depuis cinq ans de l'excédent américain, rapporté aux exportations, dans les échanges de produits de haute technologie avec quelques pays européens. La France a bien redressé la balance grâce à une forte reprise des exportations vers les Etats-Unis dans le domaine de l'aéronautique.

Graphique 3.11 : Part de l'excédent dans les exportations américaines de produits de technologie avancée vers quelques pays européens



4. COOPERATION CNRS-NSF

Le cas de la coopération institutionnelle entre les deux grands organismes de recherche fondamentale français et américain est exemplaire. En effet, la structure et le rôle de ces deux institutions ne sont pas identiques, même si leurs missions se rejoignent : « développer la recherche fondamentale au service de la société ». Comme nous l'avons expliqué dans le premier chapitre, la NSF est une agence de financement de projet ; le CNRS, lui, est une institution de recherche comportant des laboratoires, employant du personnel scientifique et technique et finançant des projets. Au CNRS, le financement et l'évaluation passent principalement par les laboratoires. A la NSF, il s'agit de financer et d'évaluer des projets de recherche qui répondent à des appels d'offre périodiques. Cependant, dans les deux organismes les objectifs de recherche fondamentale et de multidisciplinarité sont tout à fait comparables ; la notion d'évaluation par les pairs et d'excellence aussi. Il était donc naturel que dans un contexte d'internationalisation de la science et de coopération mutuelle, ces deux entités aient une relation privilégiée. Les différences que nous avons signalées permettront de mieux comprendre les liens et les modes de coopération qui ont été mis en place au cours du temps de façon plus pragmatique que formelle.

Au début des années 80, les directions des relations internationales des deux organismes ont décidé de financer annuellement ensemble une quarantaine de projets présentés en commun par au moins un laboratoire de chaque pays, et ce dans toutes les disciplines. Le laboratoire partenaire français présente son projet à la Direction des Relations Internationales du CNRS. Le laboratoire partenaire américain présente le même projet, en anglais, à la direction des programmes internationaux de la NSF. Chaque projet est évalué, en France par le système d'évaluation du CNRS, aux Etats-Unis par le « peer-review » de la NSF. Une réunion chaque année permet de coordonner la sélection des projets de l'année. Chaque organisme paie pour les ressortissants de son propre pays. Le CNRS octroie par projet entre 75 000 et 80 000 francs par projet sur trois ans, la NSF entre 10 000 et 25 000 dollars. Ces financements de programmes de recherche conjoints sont prévus pour faciliter la collaboration, non pas pour financer la recherche elle-même. Il s'agit donc de financements de missions des chercheurs, d'organisation de séminaires ou de tables rondes. Les salaires des chercheurs sont exclus de cet accord. Quand ce processus a été initié, des bourses post-doctorales ont fait partie des possibilités offertes. Ce n'est plus le cas aujourd'hui. Appels d'offres, dates limites de dépôt de dossiers, sont publiés sur les sites web de la NSF et du CNRS. Le résultat de la sélection pour un projet démarrant en octobre 1999 est connu généralement en novembre de l'année 1998.

Tableau 4.1 : départements scientifiques du CNRS

PNC	Physique Nucléaire et Corpusculaire	SHS	Sciences de l'Homme et de la Société
SC	Sciences Chimiques	SPI	Sciences Pour l'Ingénieur
SDU	Sciences De l'Univers	SPM	Sciences Physiques et Mathématiques

4.1 Quelques données sur la coopération CNRS-NSF depuis 1985

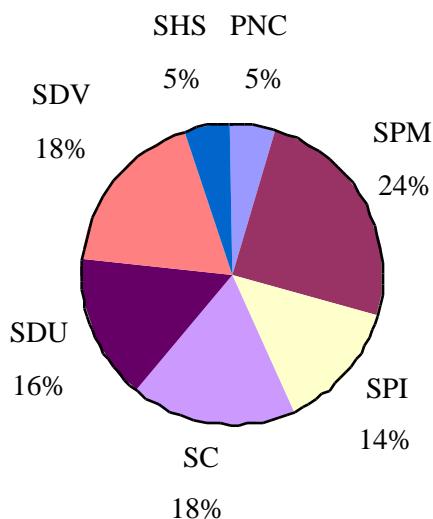
Nous disposons actuellement d'une base de données qui rassemble des informations sur les 661 projets de collaboration soutenus depuis 1985. Nous présentons ici l'évolution au cours de ces 14 années (1985-1998) du nombre de projets par discipline.

Le nombre de projets sélectionnés est assez stable et tourne autour de la cinquantaine, comme on l'a déjà signalé. En 1985, au tout début de l'accord, un effort particulier a permis à plus de 60 projets d'être ainsi sélectionnés. L'année 1997 a également atteint ces chiffres record grâce au soutien exceptionnel des sciences de la vie à 20 projets. Les sciences pour l'ingénieur sont en nette progression en 1998 (voir graphique 4.3).

4.1.1 Répartition par discipline

Pour la répartition en disciplines scientifiques, nous utilisons les sept grands ensembles dénommés « départements scientifiques » en usage au CNRS et dont la liste est donnée dans le tableau 4.1 . Le graphique 4.2 montre la répartition des projets depuis le début de la coopération.

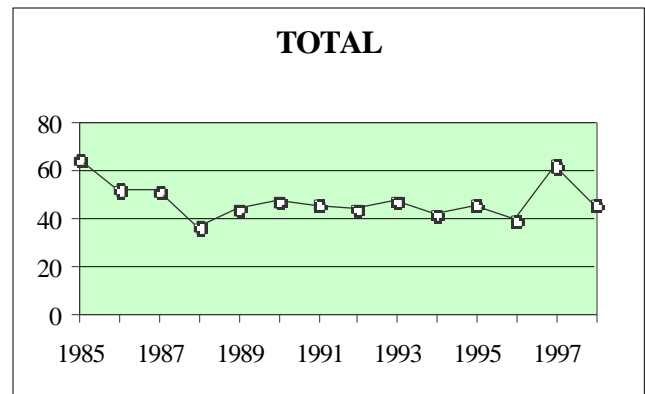
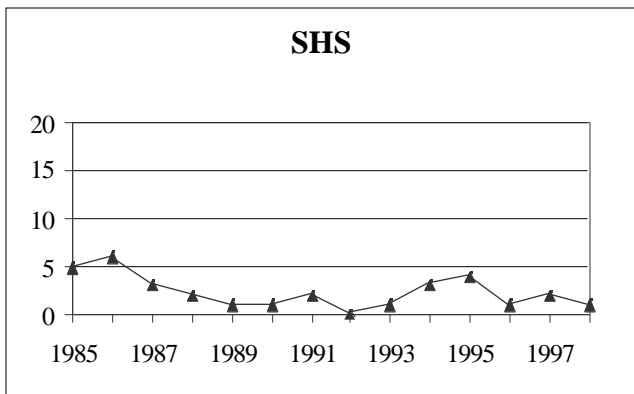
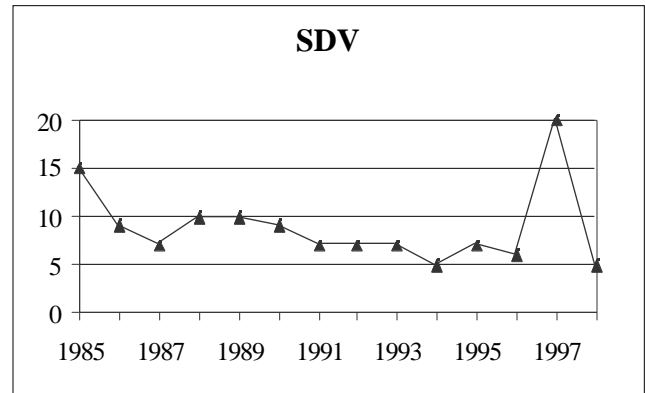
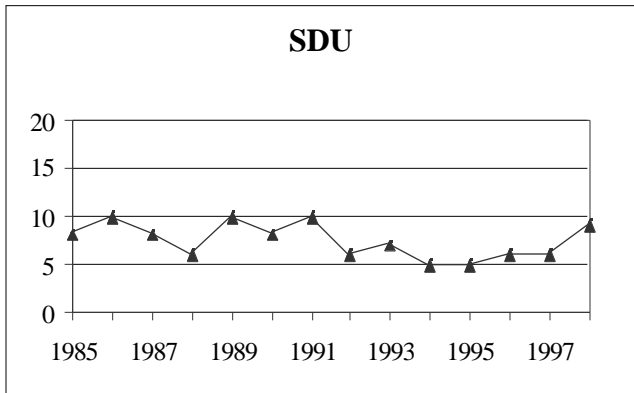
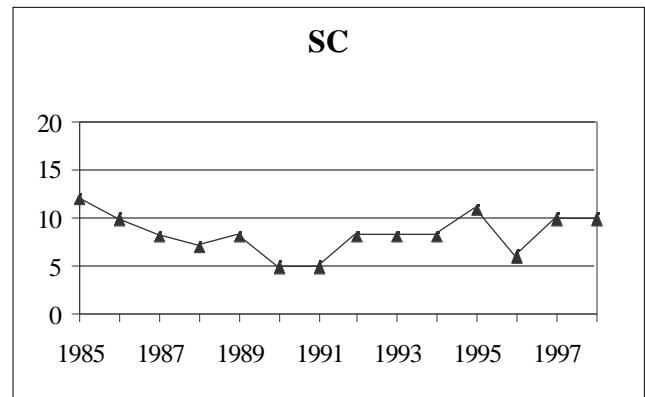
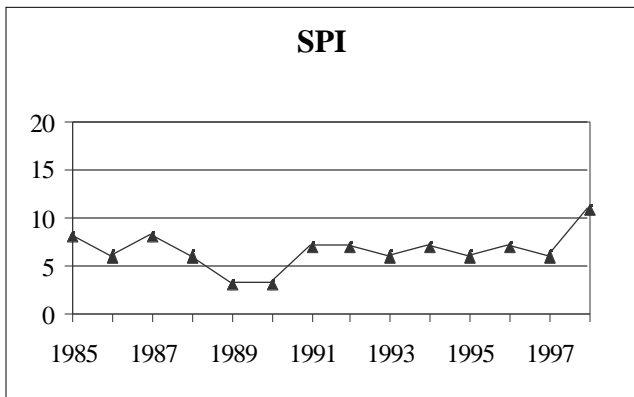
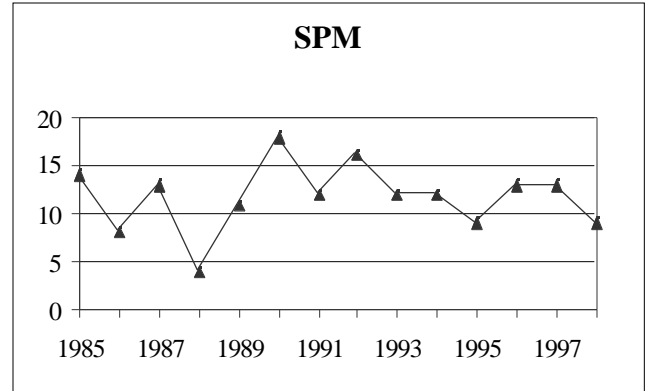
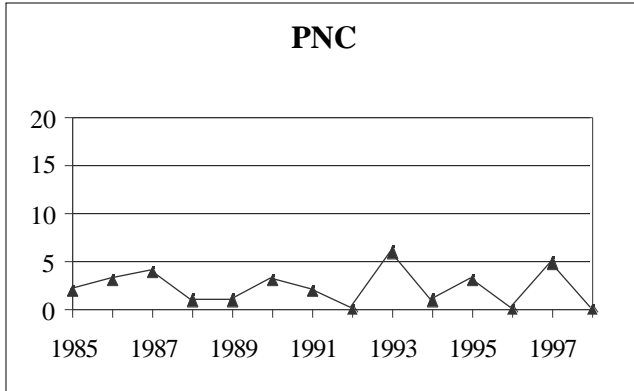
Graphique 4.2 : répartition par département scientifique des coopérations CNRS/NSF 85-98



Un trait marquant de cette coopération est l'importance des sciences physiques et mathématiques. En effet, c'est dans ce domaine que l'on observe le taux de succès le plus élevé (près du quart des coopérations soutenues). Si l'on considère le rôle essentiel joué par la sélection par les pairs, aussi bien à la NSF qu'au CNRS, il faut bien reconnaître que l'organisme américain considère la France comme un pays phare dans ces disciplines. Les sciences de la vie et la chimie sont aussi reconnues avec chacune 18% de l'ensemble des projets, non loin derrière les sciences de l'univers et les sciences pour l'ingénieur. Le faible score des sciences humaines et sociales et de la physique nucléaire s'explique en partie par le fait que dans ces domaines, les financements américains proviennent plutôt d'autres agences que la NSF, par exemple du

Département de l'Energie pour la physique nucléaire et corpusculaire, du *National Endowment for the Humanities* pour les sciences humaines et sociales.

Graphique 4.3 : nombre de projets cofinancés par le CNRS et la NSF, par année et par département scientifique



4.1.2 Localisation des équipes partenaires

Les laboratoires américains qui ont eu des relations scientifiques suivies avec des laboratoires du CNRS se répartissent sur tout le territoire américain (voir carte 4.4) et l'on ne sera pas surpris de constater une fois de plus le succès des centres scientifiques de la côte est et de la Californie. La répartition par état américain (voir tableau 4.5) montre le rôle éminent joué par l'état d'Illinois (32 coopérations) en cinquième place, après la Californie (108 coopérations), l'état de New York (82), le Massachusetts (71) et le Texas (33). L'importance de l'état d'Illinois en science et technologie n'est pas toujours connue en France. Les chercheurs, eux, désirent collaborer avec des laboratoires de qualité. Spontanément ils savent détecter les bons partenaires, car c'est leur intérêt. La richesse scientifique de l'Illinois, ses nombreuses universités de premier rang (Chicago, Urbana-Champaign, Northwestern, etc.), ses centres de recherche (Argonne National Laboratory, Fermi Lab., etc.) justifie parfaitement leur choix.

Dans la répartition des équipes partenaires françaises (voir carte 4.6 et tableau 4.7), on observe sans surprise la prépondérance de la région parisienne : tradition et concentration des laboratoires d'excellence. Les régions du Sud-Est, Rhône, Alpes et PACA (Provence, Alpes, Côte d'Azur) sont en deuxième position. Lyon et Grenoble sont au même niveau. Enfin nettement plus loin apparaissent Bordeaux et Strasbourg. La présence des régions Ouest et Nord est insignifiante. En conclusion, on retrouve bien les grands centres scientifiques là où l'on pouvait les attendre. Cependant le faible score de l'Ouest est inattendu. Quant à Strasbourg et Lille, elles affirment leur vocation européenne avant tout.

Carte 4.4 : localisation des équipes partenaires américaines

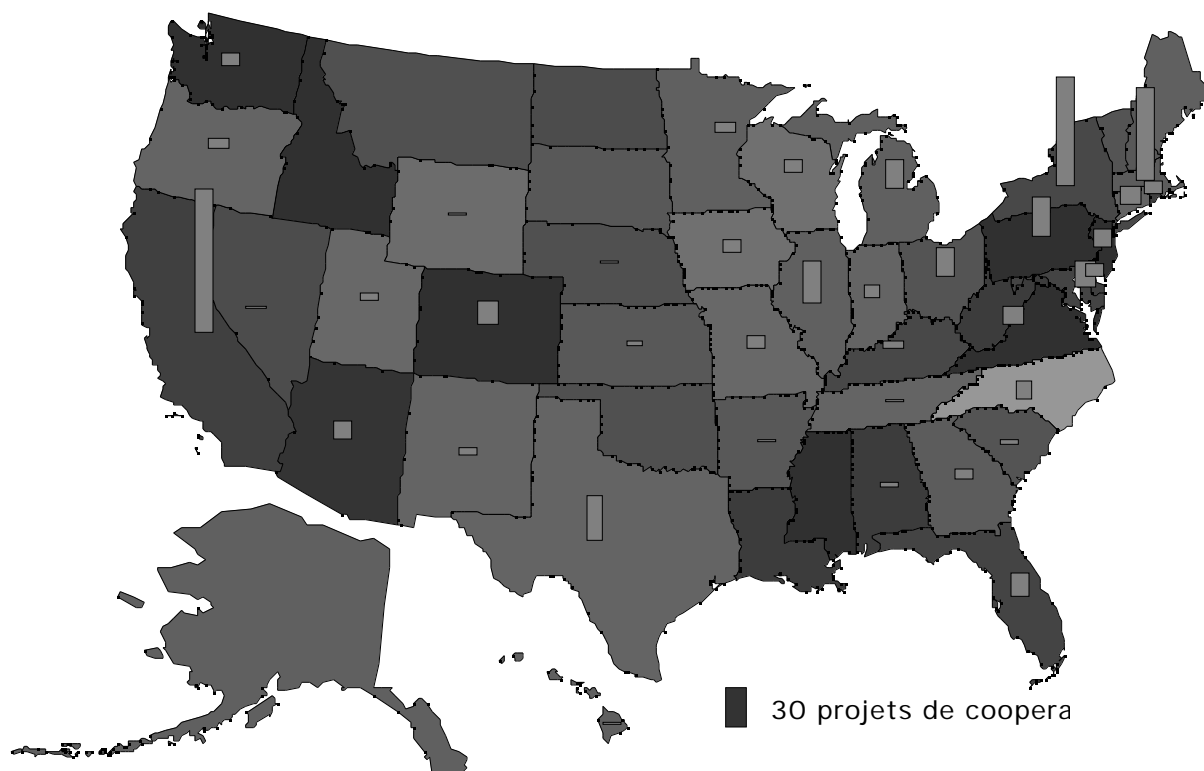


Tableau 4.5 : nombre de projets cofinancés, par état américain

Nouvelle-Angleterre		Plaines Centrales		Atlantique Sud		Montagnes Rocheuses	
Connecticut	13	Iowa	8	Delaware	10	Arizona	15
Massachusetts	71	Kansas	4	D. of Columbia	1	Colorado	20
New Hampshire	1	Minnesota	8	Floride	18	Nevada	2
Rhode Island	9	Missouri	9	Géorgie	7	Nouveau Mexique	4
Vermont	1	Nebraska	4	Maryland	19	Utah	5
				Caroline du nord	14	Wyoming	3
				Caroline du Sud	5		
				Virginie	14		

Grands Lacs		Atlantique Centre		Sud-est		Pacifique		Sud-ouest	
Illinois	32	New Jersey	16	Alabama	5	Californie	108	Arkansas	1
Indiana	10	New York	82	Kentucky	4	Hawaii	1	Texas	33
Michigan	21	Pennsylvanie	31	Mississippi	2	Oregon	7		
Ohio	21			Tennessee	3	Washington	10		
Wisconsin	10								

Carte 4.6 : localisation des équipes partenaires françaises



Tableau 4.7 : nombre de projets cofinancés par délégation régionale du CNRS

Délégation régionale		Délégation régionale	
Alpes	42	Languedoc Roussillon	34
Alsace	26	Midi-Pyrénées	25
Aquitaine	25	Nord Pas-de-Calais Picardie	7
Bretagne et Pays-de-la-Loire	18	Nord-Est	18
Centre-Auvergne-Limousin	21	Normandie	8
Côte d'Azur	29	Provence	39
Ile de France	333	Vallée-du-Rhône	36

Commentaire : la Direction des Programmes Internationaux de la NSF considère que la France est son premier partenaire européen sur le plan institutionnel. Son unique partenaire français est le CNRS. Ceci correspond à une volonté affichée de traiter en Europe avec un seul interlocuteur par pays. Le CNRS se retrouve ainsi intermédiaire officiel pour l'ensemble des organismes et des universités françaises. Malgré certaines différences structurelles déjà mentionnées, l'alliance entre la NSF et le CNRS est naturelle. L'absence de ministère de la science et la multiplicité des agences responsables de recherche et technologie aux Etats-Unis, ont réuni ces deux organismes qui étaient les plus proches dans les missions qui leur étaient définies par leurs gouvernements. L'expérience acquise au cours de ces 15 dernières années, et le succès du programme, aussi bien sur le plan scientifique que de la politique institutionnelle, assurent sa continuité.

Annexe 1 : Glossaire des sigles des Etablissements Publics à caractère Scientifique et Technologique (EPST) et des Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial (EPIC)

EPST :

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

CEMAGREF : Centre national du Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts

INRETS : Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

INED : Institut National d'Etudes Démographiques

ORSTOM : Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération

EPIC :

CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

IFREMER : Institut Français pour l'Exploitation de la Mer

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales

ANVAR : Agence Nationale de Valorisation de la Recherche

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment