

Niveau 1

L'emploi scientifique à l'horizon 2000 Essai de prospective

par Jean-Paul Beltramo, Jean Bourdon et Jean-Jacques Paul

*Fondés sur les évolutions démographiques
et l'accroissement des besoins des entreprises,
les pronostics courants à la fin des années quatre-vingt
concluaient à la pénurie future
de jeunes chercheurs scientifiques.
Aujourd'hui c'est plutôt un excédent
qui semble à craindre.*

La mise en œuvre originelle de l'exercice de prospective proposé ici s'est inscrite dans un contexte caractérisé à la fois par l'absence, en France, d'études prévisionnelles portant sur le marché de l'emploi scientifique, et, cependant, l'affirmation, diffusée à partir des travaux du X^{ème} Plan, qu'il existait un risque de pénurie au niveau de formation correspondant à ce type d'emploi ¹. Ainsi, peut-on lire dans le rapport de l'intergroupe « Recherche et développement technologique » : « *Compte tenu des évolutions prévisibles de la demande en matière de personnels scientifiques et techniques, des tensions importantes risquent d'apparaître sur le marché de l'emploi* » (Commissariat général du Plan, 1989, p. 70). Ce pronostic y est justifié par une appréciation succincte des tendances de la demande d'ingénieurs et de docteurs, perçue en hausse à la fois pour des emplois de recherche et pour d'autres activités. Aux besoins croissants de recrutement dans l'enseignement supérieur et à la nécessité de combler le déficit de personnels de recherche industrielle par rapport à des pays comparables, est

réputée devoir s'ajouter une augmentation de la demande concurrentielle d'ingénieurs de la part des autres secteurs d'activité des entreprises ainsi que du secteur des services, en particulier financiers.

Les prévisions que nous avons développées restent rudimentaires, mais elles portent à la fois sur l'offre et sur la demande de chercheurs scientifiques et permettent donc une confrontation entre les deux. Pour situer d'emblée avec quel niveau d'exigence peut être posée la question de la fiabilité des simulations proposées, il faut avoir à l'esprit que le nombre de thèses délivrées annuellement est encore, rétrospectivement, mal connu. Il n'existe pas à l'heure actuelle de source documentaire unique permettant d'identifier l'ensemble des doctorats délivrés chaque année. La première étape de notre travail prospectif a d'ailleurs consisté en une rectification de l'estimation du nombre de thèses déjà délivrées ².

La pertinence de la démarche en terme d'offre et de demande suppose l'existence d'un marché spécifique

¹ Les résultats présentés dans cet article sont extraits d'une étude préparée pour le ministère de la Recherche et de l'Espace (Beltramo, Bourdon, Paul, 1992). **Pour une présentation plus détaillée des aspects méthodologiques abordés dans cet article, on pourra se reporter à cette étude.**

² Ceci revient à ajouter, en 1990 par exemple, 1 000 thèses aux 4 700 thèses en sciences délivrées par les universités, chiffre généralement retenu dans les documents officiels (voir p. 35).

du travail scientifique mettant en correspondance la qualification de docteurs en sciences et des emplois de chercheurs. Si le titre de docteur tend à devenir la référence obligée pour l'accès à un emploi stable d'enseignant-chercheur ou de chercheur dans les organismes publics de recherche, il n'en va pas de même dans les entreprises où les docteurs ne représentent encore qu'environ un cinquième des emplois de chercheurs. En revanche, les formations de docteurs en sciences débouchent massivement sur des emplois de chercheurs, puisque six docteurs sur sept sont embauchés dans la recherche, publique où privée. S'il n'y a pas de relation biunivoque entre le doctorat en sciences et la fonction de chercheur, les études doctorales comme filière vitale pour la formation à la recherche ne sont pas remises en cause. Par ailleurs, la préférence marquée pour les ingénieurs dans le recrutement des chercheurs en entreprise, s'accompagne d'une tendance des ingénieurs à compléter leur formation par un troisième cycle scientifique, le plus souvent un Diplôme d'études approfondies (DEA), mais aussi un doctorat.

La méthode suivie consiste à évaluer, de façon indépendante, une offre potentielle de docteurs en sciences et une demande potentielle de chercheurs scientifiques, incluant les emplois prévus dans le secteur public (créations et renouvellements) et la part des titulaires d'un doctorat scientifique parmi les emplois prévus dans le secteur privé, leur proportion actuelle servant de référence dans un premier temps. La prévision de l'offre de diplômés est établie à partir de projections à « structure constante » des effectifs des écoles d'ingénieurs et de l'enseignement supérieur universitaire. La prévision de la demande publique est basée d'une part sur les projections des effectifs étudiants en ce qui concerne l'enseignement supérieur et d'autre part sur les objectifs politiques fixés pour les établissements publics de recherche. La prévision de la demande privée utilise un modèle de simulation mettant en relation, au niveau de la branche, l'évolution des emplois de chercheurs et l'évolution de la valeur ajoutée et de l'investissement, auquel ont été appliqués différents scénarios économiques.

La prospective mise en œuvre, qui représente en France une première tentative en la matière, privilégie l'hypothèse d'une stabilité des déterminants de l'offre et de la demande de docteurs. Les simulations de la demande de diplômés sont beaucoup plus « périlleuses » que les simulations de l'offre de diplômés, non seulement, parce qu'il est plus difficile d'anticiper les variations de l'activité économique que d'anticiper les variations de la population étudiante de l'enseignement supérieur, mais plus encore, parce que la dépendance de la demande de cher-

cheurs par rapport à l'évolution économique est loin d'être certaine. Cependant, comme nous allons le constater, l'écart important au bénéfice de la première, entre l'offre prévue et la demande prévue, fait que le seul déséquilibre global possible se situe du côté d'un déficit des emplois scientifiques proposés et non d'une pénurie de docteurs comme annoncée dans les travaux du X^{ème} Plan.

Non seulement ce résultat réfute l'opinion couramment admise au début des années 1990 en France, mais il pourrait également faire figure d'exception par rapport à la situation prévue dans la plupart des grands pays industrialisés, telle qu'elle est décrite, par exemple, dans un récent rapport de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE, 1992, ch. 6 : *Chercheurs et ingénieurs : tendances et préoccupations actuelles*). C'est la raison pour laquelle, après avoir traité de l'offre de docteurs scientifiques (section 1), de la demande de chercheurs scientifiques (section 2) et des perspectives qui en découlent sur le marché de l'emploi scientifique en France (section 3), nous tenterons de donner un aperçu de l'évolution de la formation et de l'emploi de la main-d'œuvre scientifique dans quelques pays étrangers (section 4).

L'OFFRE DE DOCTEURS SCIENTIFIQUES

L'ÉVOLUTION DES EFFECTIFS AU NIVEAU SECONDAIRE ET SES CONSÉQUENCES

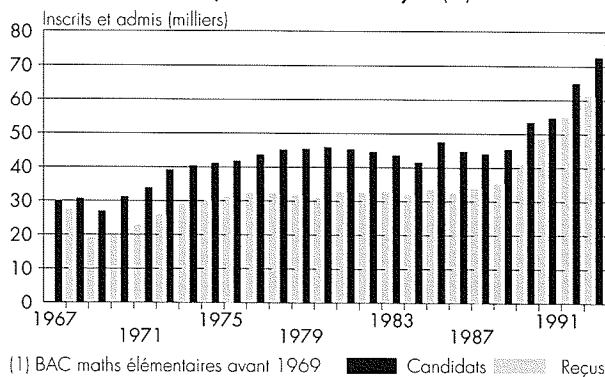
Alors que, de 1967 à 1991, l'ensemble des effectifs de première ont crû de 288 %, ceux des premières S ont augmenté de 306 %. Le mouvement à la hausse des filières scientifiques est particulièrement notable à partir de 1985.

Aujourd'hui, la moitié d'une classe d'âge est titulaire du baccalauréat, dont près de 9 % d'un bac scientifique C et E. Les orientations vers des filières scientifiques supérieures sont en hausse : alors qu'un peu plus de 40 % des élèves de première scientifique s'orientait au milieu des années 1970 vers le supérieur scientifique, cette proportion s'élève aujourd'hui à plus de 60 %.

La poursuite de la croissance démographique des classes d'âge pouvant être scolarisées dans le secondaire, l'augmentation des taux de scolarisation à ce niveau et des taux de réussite au baccalauréat, expliquent l'afflux de nouveaux étudiants, constaté à la fin des années 1980, dont les filières scientifiques ont bénéficié plus que proportionnellement. Certains fac-

teurs ayant entraîné la hausse des effectifs dans l'enseignement supérieur risquent de ne plus, ou de moins jouer, dans les années qui viennent, et c'est de façon certaine, par exemple, le cas de la démographie. Ceci n'aura cependant de répercussion sur les effectifs de docteurs guère avant une dizaine d'années, en raison du délai qui sépare l'entrée à l'université de l'obtention d'un doctorat. En revanche, l'augmentation spectaculaire du nombre de bacheliers scientifiques après 1985 induit la forte progression des doctorats prévue au cours de l'actuelle décennie.

Graphique 1
BAC C, candidats et reçus (1)



LA PROJECTION DES FLUX DE DOCTEURS

Observations liminaires

Comme nous l'avons indiqué en introduction, le dénombrement des thèses habituellement présentées n'est pas complet. En effet, la source principale, le recensement des diplômes délivrés par les universités, n'est pas exhaustive, dans la mesure où elle n'enregistre pas, en particulier, les doctorats délivrés par les écoles d'ingénieurs indépendantes des universités. Ces derniers figurent dans les tableaux statistiques des diplômes délivrés par l'ensemble des écoles d'ingénieurs, mais sans être groupés à part. En conséquence, il faut procéder au comptage des doctorats école par école, pour celles qui ne dépendent pas des universités, et ajouter le résultat aux effectifs de docteurs recensés dans les tableaux statistiques des diplômes délivrés par les universités qui pour leur part incluent les doctorats des écoles d'ingénieurs dépendantes des universités. Il reste une petite marge d'erreur dans la mesure où, dans les sources documentaires, la distinction entre les écoles d'ingénieurs dépendantes des universités et celles qui en sont indépendantes n'est pas toujours explicite. Précisons

encore que les doctorats dont il s'agit ici sont ceux qui permettent d'être recruté, a priori indifféremment, dans la recherche publique comme dans la recherche privée, c'est-à-dire les doctorats en sciences exactes et naturelles, en médecine, en pharmacie, en odontologie et en éducation physique³. Les prévisions portent en principe sur les doctorats du nouveau régime de 1984, mais il convient de les comparer avec l'ensemble des différents doctorats, doctorat d'Etat, doctorat de troisième cycle et diplôme de docteur ingénieur, pour les années passées et jusqu'à extinction de ces diverses catégories.

Les étudiants qui abordent le troisième cycle scientifique en s'inscrivant en DEA ont suivi des cursus différents : maîtrises, écoles d'ingénieurs, médecine, etc... L'évolution des effectifs de DEA et de doctorat n'est donc pas seulement tributaire de l'évolution des effectifs de maîtrise mais de l'évolution des effectifs des différentes filières qui peuvent conduire à une inscription en DEA. En outre, les différentes sous-populations distinguées parmi les inscrits en DEA scientifiques en fonction de leurs antécédents scolaires ne poursuivant pas dans des proportions identiques des études doctorales, la distribution des inscrits en DEA entre ces sous-populations agit sur les flux d'étudiants inscrits en thèse et par voie de conséquence sur le nombre de thèses. L'enquête annuelle auprès des formations de troisième cycle habilitées, gérée par le Bureau des allocations de recherche, actuellement sous tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), constitue la seule source susceptible de fournir une évaluation, d'une part de la distribution des étudiants en DEA en fonction de leur origine scolaire, et d'autre part des taux de poursuite d'études en doctorat des inscrits en DEA, en fonction de leur scolarité antérieure.

Schéma de projection des effectifs et formulation du modèle

La méthode générale de prévision consiste à projeter séparément les différents sous-ensembles composant la population des étudiants en DEA scientifique, repérés par le diplôme obtenu avant leur inscription en DEA. En raison des informations statistiques disponibles, trois sous-populations ont été distinguées : les titulaires d'une maîtrise, les titulaires d'un diplôme d'ingénieur et les autres diplômés, essentiellement les étudiants des disciplines de la santé et les étrangers commençant un troisième cycle en France.

³ Les doctorats recensés dans les disciplines de la santé ne prennent pas en compte les diplômes d'état de docteur en médecine, pharmacie et odontologie, mais les seuls doctorats de recherche.

Le modèle de simulation des effectifs de l'enseignement supérieur de la DEP

Un exposé du modèle de la Direction de l'évaluation et de la prospective peut être trouvé dans Fournié (1992).

a) Présentation d'ensemble

La DEP a élaboré deux scénarios, un scénario tendanciel et un scénario dit « volontariste ».

Le scénario tendanciel :

Ce scénario se fonde sur l'hypothèse de 76 % d'une génération au niveau du baccalauréat en l'an 2000 retenue par le premier scénario du modèle du second degré. Aucune politique particulière n'influe sur l'orientation des bacheliers. Les taux d'accueil des nouveaux bacheliers dans les différentes filières de l'enseignement supérieur poursuivent l'évolution observée depuis 1988. Au delà de 1996, on admet que les comportements n'évoluent plus.

Comme la prolongation de la tendance observée en ce qui concerne les taux d'accès en deuxième cycle amènerait à des valeurs inconcevables, il a été décidé qu'à partir de 1993 ces probabilités n'évolueraient plus.

Le scénario volontariste :

Ce scénario est alimenté par le deuxième scénario du modèle du second degré qui prévoit notamment que 78 % d'une génération arrive au niveau du baccalauréat en l'an 2000.

Les filières sélectives (IUT, CPGE*, STS) se développent pour accueillir 50 % des bacheliers en l'an 2000 (contre 37 % au moment de la projection), les taux d'accès au deuxième

* CPGE : Classe préparatoire aux grandes écoles

L'évolution du nombre de docteurs en sciences est déterminée à partir des projections des effectifs de degré quatre (bac+4, niveau maîtrise) en sciences et en sciences et techniques des activités physiques et

cycle universitaire s'améliorent (80 % pour un étudiant inscrit en première année de sciences contre 60 % en 1990), le pourcentage d'étudiants inscrits en deuxième année d'IUT qui désirent poursuivre en deuxième cycle universitaire ne dépasse pas 23 %, chiffre constaté en 1990.

b) La projection de l'effectif de deuxième cycle à bac+3, bac+4 et bac+5 de 1990 à l'an 2000

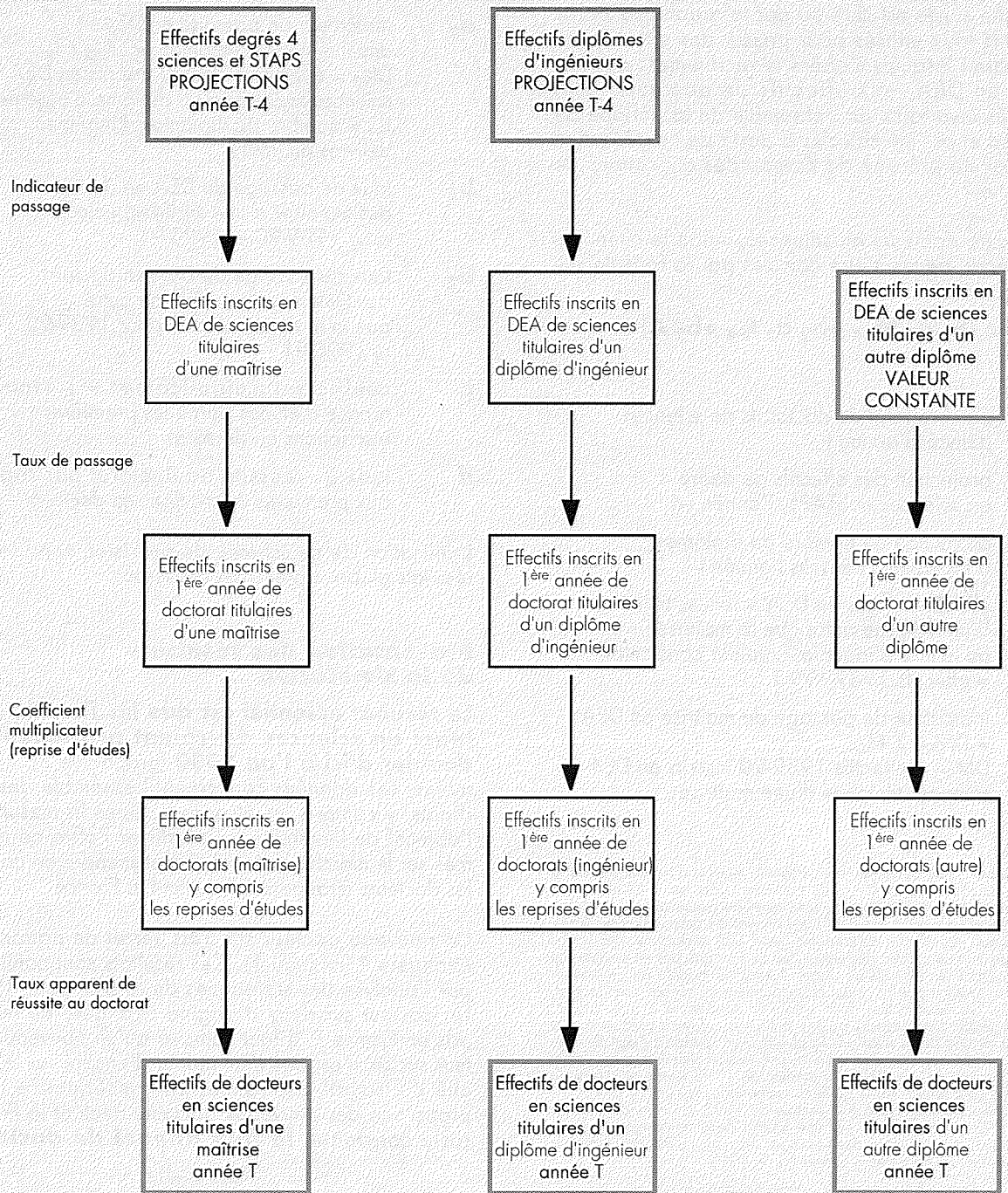
On distingue parmi les entrants en première année de deuxième cycle : les entrants directs à bac+3 (on applique un coefficient d'évolution à la dernière valeur connue), les étudiants ayant effectué leur premier cycle en 1 an (on les rapporte au stock de premier cycle de l'année précédente), les étudiants ayant effectué leur premier cycle en 2, 3 ou 4 ans (on applique un taux de passage au flux d'entrée en première année de premier cycle respectivement de l'année n-2, n-3 ou n-4), les reprises d'études (on applique un coefficient de proportionnalité avec l'accès en deuxième cycle en 2, 3 et 4 ans), les étudiants accédant en deuxième cycle à l'issue d'un IUT (on les rapporte au stock d'étudiants en deuxième année d'IUT l'année précédente), les redoublants (on les rapporte au stock de deuxième cycle à bac+3 de l'année précédente).

Pour calculer les stocks de deuxièmes cycles à bac+4 et bac+5, on applique des taux de passage apparents respectivement aux stocks de deuxième cycle à bac+3 et bac+4 de l'année précédente.

Les effectifs relatifs aux deuxièmes cycles diffèrent peu d'un scénario à l'autre. En effet, dans le scénario volontariste, on applique de fortes probabilités d'accès en deuxième cycle à des effectifs réduits d'entrants en premier cycle ; dans le scénario tendanciel, les entrants en premier cycle ne cessent de s'accroître, mais l'accès en deuxième cycle ne s'améliore pas.

sportive (STAPS), établies par la Direction de l'évaluation et de la prospective (DEP) (voir encadré ci-dessus), et de nos propres projections des flux de diplômés d'ingénieur, le nombre d'étudiants s'inscri-

Graphique 2
Schéma de projection des effectifs



vant en DEA sans la maîtrise ou un diplôme d'ingénieur étant considéré comme constant 4. La démarche suivie est illustrée par le graphique 2. Les différents taux utilisés pour passer des effectifs initiaux parmi lesquels s'opère le recrutement des étudiants en DEA, aux effectifs de docteurs, sont supposés invariants sur l'ensemble de la période de prévision et ont été calculés à partir de l'exploitation de l'enquête précitée du Bureau des allocations de recherche 5.

Les flux de docteurs en sciences, selon le cheminement décrit, peuvent être calculés par la formule suivante :

$$D_t = d c (b_1 a_1 M_{t-4} + b_2 a_2 I_{t-4} + b_2 A)$$

avec :

- D_t nombre total de doctorats de sciences délivrés l'année t
- M_{t-4} projection des effectifs de degré 4 en sciences et STAPS, l'année t-4
- I_{t-4} projection du nombre de diplômes d'ingénieurs délivrés l'année t-4
- A effectifs inscrits en DEA sciences titulaires d'un diplôme autre que la maîtrise ou le titre d'ingénieur, valeur constante = effectifs 1989-1990
- a_1 indicateur de passage de maîtrise en DEA = DM_{90} / M_{89}
 DM_{90} = effectifs 1989-90 inscrits en DEA sciences titulaires d'une maîtrise

4 Nous n'avons pas pu utiliser directement le modèle de simulation de la DEP pour les effectifs et diplômes de troisième cycle, car à ce niveau les projections sont faites globalement, sans que l'on puisse distinguer les inscrits en DEA et les inscrits des différentes années de préparation au doctorat. Par ailleurs, les effectifs de troisième cycle, DEA et doctorat, des écoles d'ingénieurs indépendantes des universités ne sont pas pris en compte. En ce qui concerne les effectifs de degré 4 issus du modèle de simulation, nous n'avons retenu que ceux qui correspondent au scénario tendanciel, l'écart entre les résultats des deux scénarios, tendanciel et volontariste, étant négligeable (voir encadré p. 37). Enfin, nous devons préciser que la version du modèle utilisé n'est pas la plus récente, puisqu'il s'agit de celle qui a été publiée en juin 1992 alors qu'une version ultérieure a fait l'objet d'une publication en juin 1993. Le modèle de 1993 révisé les prévisions à la baisse pour tenir compte du fléchissement des nouvelles inscriptions dans les universités enregistré à la rentrée de 1992. En revanche, la rentrée de 1993 a été marquée par une reprise de la tendance antérieure avec une forte augmentation des nouveaux étudiants, c'est la raison pour laquelle nous avons conservé la simulation de 1992.

5 Nous avons utilisé les enquêtes de 1989-90 et 1990-91. Pour un exposé de la méthode d'estimation des taux de poursuite d'études en doctorat, on peut se reporter à Beltramo, Bourdon et Paul (1992), pp. 46 à 49. Le principe en est le suivant : dans l'enquête, l'origine scolaire et le devenir des inscrits en DEA ne constituant pas des variables affectées individuellement à chaque étudiant mais étant déterminés par formation de troisième cycle habilitée, il n'est pas possible d'établir une relation exacte entre l'origine scolaire et le devenir, mais on peut obtenir une assez bonne estimation du taux de poursuite d'études en fonction de la filière de formation antérieure au DEA, en utilisant les résultats des formations de DEA dont les étudiants ont un passé scolaire très homogène.

M_{89} = effectifs 1988-89 inscrits degré 4 sciences et STAPS

- a_2 indicateur de passage en DEA des ingénieurs diplômés = DI_{90} / I_{89}
 DI_{90} = effectifs 1989-90 inscrits en DEA sciences titulaires d'un diplôme d'ingénieur
 I_{89} = nombre de diplômes d'ingénieur délivrés en 1989
- b_1 taux de passage de DEA en doctorat des titulaires d'une maîtrise, calculé pour 1989-90 et 1990-91
- b_2 taux de passage de DEA en doctorat des titulaires d'un diplôme autre que la maîtrise, calculé pour 1989-90 et 1990-91
- c coefficient multiplicateur = 1 + taux de reprise d'études parmi les premières inscriptions en doctorat
- d taux de réussite au doctorat par rapport aux premières inscriptions en doctorat

L'utilisation de ce schéma de prévision conduit aux résultats globaux présentés ci-dessous.

Présentation des résultats de la simulation

Le résultat essentiel est que les flux de docteurs en sciences devraient pratiquement doubler d'ici à l'an 2000 (graphique 3). Néanmoins, ces données concernent l'ensemble des étudiants, y compris les étrangers. Dans la mesure où l'objectif de l'exercice est d'estimer l'offre de diplômés sur le marché national, il faut prendre en compte les docteurs étrangers qui quittent la France.

Un nouveau docteur sur trois serait de nationalité étrangère 6 (tableau 1). Ces résultats sont confirmés par l'analyse des statistiques de la DEP pour 1989. Un docteur sur deux d'origine étrangère ne restant pas en France 7, il faut compter qu'un nouveau docteur sur six n'est pas demandeur d'emploi sur le marché du travail en France. En conséquence, si la proportion des nouveaux docteurs quittant la France reste constante, **le flux annuel de docteurs**

6 L'effectif des docteurs d'origine étrangère ne se réduit pas à l'effectif des étrangers venus de leur pays d'origine s'inscrire en France en troisième cycle et ayant obtenu le doctorat. Cet effectif comprend également les étudiants étrangers dont la scolarité antérieure au DEA s'est déroulée, tout ou partiellement, en France.

7 Le taux de départ mesure principalement les retours vers le pays d'origine, mais parfois aussi, comme nous avons pu le constater en exploitant l'enquête du Bureau des allocations de recherche, des départs vers des pays autres que le pays d'origine.

Graphique 3
Projection des flux annuels de docteurs

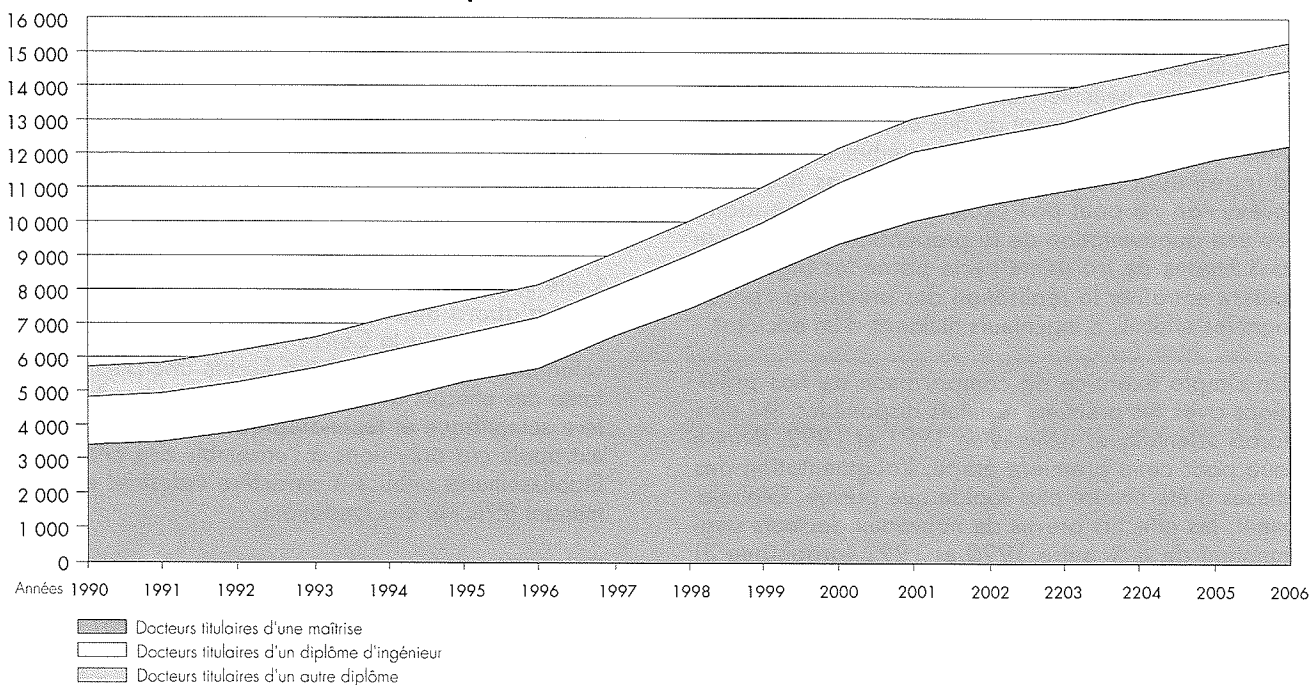


Tableau 1
Les docteurs de nationalité étrangère et leur retour dans leur pays d'origine

	1989	1989
Part des étrangers dans l'ensemble des docteurs	33,6 %	33,6 %
taux de départ des docteurs étrangers	53,3 %	49,1 %
(Soit) proportion des docteurs quittant la France	17,9 %	16,5 %

Source : exploitation de l'enquête du Bureau des allocations de recherche.

scientifiques à horizon 2000 devrait être un peu inférieure à 10 000⁸

VALIDITÉ DES RÉSULTATS

Les résultats doivent être interprétés avec les précautions suivantes. Nous avons raisonné à structure constante de l'organisation des études de deuxième cycle scientifique et des taux d'accès en troisième cycle. En ce qui concerne le second cycle, le développement des Instituts universitaires de formation des

maîtres (IUFM) d'une part, la création de filières telles que les Instituts universitaires professionnalisés (IUP) seraient de nature à limiter l'accroissement du nombre de candidats potentiels à la poursuite d'études en troisième cycle, avec cependant de faibles conséquences dans l'immédiat sur les effectifs de docteurs diplômés. L'hypothèse d'un maintien du niveau des taux d'accès en DEA scientifique, dans un contexte de forte croissance des effectifs des degrés inférieurs, sous-entend que les allocations aux étudiants de troisième cycle suivent et que les laboratoires universitaires et les organismes de recherche aient les moyens d'accroître leur capacité d'accueil dans les mêmes proportions. Enfin, les projections des effectifs d'ingénieurs diplômés résultent d'un simple prolongement de la tendance des années 1980, soit un accroissement des flux de 57 % entre

⁸ Concernant la mobilité internationale, en dehors du cas des étudiants étrangers retournant dans leur pays, nous faisons l'hypothèse que pour la France le solde est nul.

1991 et 2002. Cette projection est en accord avec le scénario « maximaliste » d'une étude réalisée en 1988 par le Comité d'études sur les formations d'ingénieurs (CEFI) à la demande du Comité national pour le développement des grandes écoles (CNGE), mais se situe nettement en retrait de l'objectif parfois avancé d'un doublement du flux des ingénieurs diplômés⁹. Dans l'hypothèse où le nombre de diplômés d'ingénieurs délivrés n'atteindrait pas le niveau prévu, on ne peut pas exclure le fait, cependant, qu'une augmentation de la propension à poursuivre des études de troisième cycle parmi les ingénieurs puisse entraîner la réalisation des prévisions concernant les effectifs d'ingénieurs titulaires d'un doctorat.

Un simple exercice de comparaison de nos prévisions avec les premiers résultats disponibles, les doctorats scientifiques délivrés en 1991 et 1992, montre que pour cette première étape, l'augmentation des thèses a été encore plus rapide que prévue. Globalement, les effectifs prévus de nouveaux docteurs augmentent de 6 % entre 1990 et 1992 (graphique 3) alors que les doctorats réellement délivrés par les universités progressent de 14 % pour la même période (de 5 076 à 5 803)¹⁰.

LA DEMANDE DE CHERCHEURS SCIENTIFIQUES

La répartition des effectifs de recherche en 1989 par secteur institutionnel figure au tableau 2 :

En 1989, le seul CEA compte 1 644 chercheurs cadres et 4 043 ITA non cadres.

⁹ Voir Comité d'études sur les formations d'ingénieurs (1988).

¹⁰ En raison d'une anomalie dans la présentation des statistiques des doctorats délivrés par les écoles d'ingénieurs en 1992, nous n'avons pas pu faire porter la comparaison sur la totalité des doctorats (doctorats délivrés par les universités plus doctorats délivrés par les écoles d'ingénieurs indépendantes des universités), mais le test reste valable car les doctorats délivrés par les universités représentent près de 90 % de l'ensemble.

LA RECHERCHE PUBLIQUE

Les prévisions ont été établies selon deux méthodes. La première a incorporé l'évolution tendancielle des effectifs, observée ces cinq dernières années, et a prévu le remplacement systématique des départs. La seconde s'est inscrite dans les objectifs du Plan de limiter les recrutements à 4 % des effectifs.

La prévision tendancielle

Cette prévision a été construite en deux étapes. On s'est d'abord attaché à réaliser une prévision des recrutements pour le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), qui représente une part importante des effectifs des Etablissements publics à caractère scientifique et technologique (EPST), puis on a extrapolé ces prévisions à l'ensemble des EPST, des Etablissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC) et des fondations.

Il n'a pas été tenu compte des personnels de recherche des ministères, dans la mesure où il s'agit fréquemment de personnels détachés des EPST ou de l'enseignement supérieur et où il est peu probable de s'attendre à un accroissement du poids des administrations. Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) n'a pas été non plus inclus dans le schéma de prévision, dans la mesure où ses effectifs sont décroissants. Pour le seul exercice budgétaire 1992, il était prévu pour le CEA : 67 suppressions de postes de personnels cadres de la recherche et 261 suppressions de postes de non cadres¹¹.

Pour ce qui est de la prévision des recrutements au CNRS, on tient compte des départs en retraite, des départs pour autres motifs et d'un accroissement net.

¹¹ Les suppressions d'emploi programmées au CEA ne signifient pas qu'il n'y aura pas de recrutements, mais nous faisons l'hypothèse qu'ils ne feront que compenser des mutations dans d'autres EPST ou EPIC, lesquelles sont déjà incluses dans les recrutements de ces organismes.

Tableau 2

	Chercheurs et ingénieurs de recherche	Autres personnels
Administrations et organismes publics	36 150	56 275
Universités	28 085	14 292
Institutions sans but lucratif	2 072	3 270
Entreprises	54 352	95 470
Total	120 659	169 307

Unité équivalent temps plein.

Source : ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

Cette démarche est appliquée aux chercheurs ainsi qu'aux ingénieurs de recherche dans la mesure où les dispositions statutaires relatives aux corps des ingénieurs de recherche établissent que le recrutement externe de ces ingénieurs s'effectue au niveau de la thèse.

Si l'on note

EC_t : les effectifs de chercheurs en l'année t ;

DRC_t : les départs en retraite de chercheurs en l'année t ;

δ_C : le taux des autres départs,

la prévision de recrutement annuelle de chercheurs est égale à :

$$EC_t - EC_{t-1} + DRC_t + EC_{t-1} \times \delta_C.$$

Un schéma identique a été appliqué au cas des ingénieurs de recherche.

¹² Cette démarche est validée par le fait que les ingénieurs de recherche sont proportionnellement représentés de façon identique au CNRS et dans l'ensemble des EPST. En 1988, année pour laquelle ces informations ont été publiées, les ingénieurs de recherche constituaient 19,2 % des ingénieurs, techniciens et administratifs (ITA) du CNRS et 19,0 % des autres EPST.

Les calculs ont été effectués pour les personnels du CNRS n'appartenant pas au secteur des Sciences humaines et sociales (SHS).

On a tenu compte de la part respective des chercheurs et des ingénieurs de recherche CNRS dans l'ensemble des EPST et appliqué un coefficient égal à l'inverse de cette part en 1992 (soit 16 486/11 336 pour les chercheurs et 26 808/15 319 pour les ingénieurs ¹²) pour estimer les recrutements globaux entre 2000 et 2010.

Les prévisions de recrutement pour les EPIC et les fondations ont été établies sur les mêmes bases.

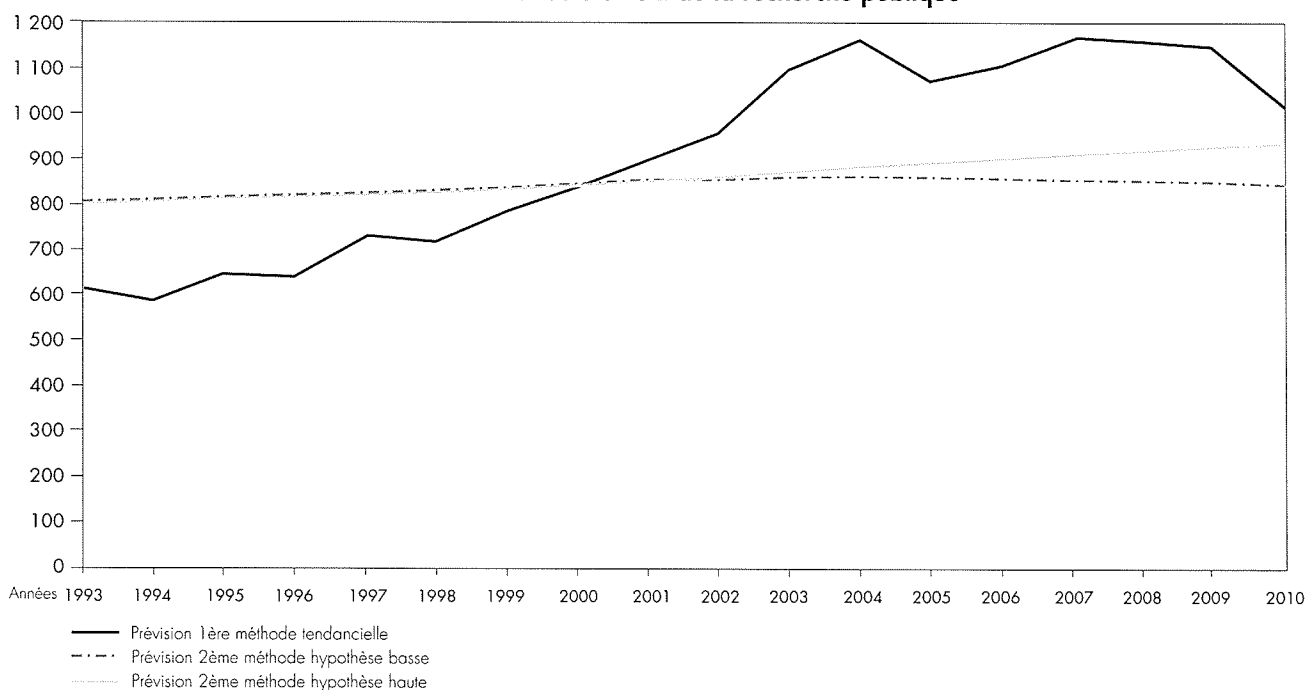
La prévision avec limitation des recrutements à 4 % des effectifs

Cette méthode s'est appuyée sur les scénarios du ministère de la Recherche et de l'Espace, en introduisant comme variante une croissance annuelle des effectifs de 1% à partir de 2001 (hypothèse haute), au lieu d'une simple stabilisation (hypothèse basse).

Prévisions de recrutement annuel de la recherche publique

Dans la première simulation, le total des besoins de recrutements publics s'élève à 16 545 pour la

Graphique 4
Besoin annuel de recrutement de la recherche publique



période 1993-2010. Selon la seconde méthode, il se monte à 15 527 dans l'hypothèse basse et à 15 932 dans l'hypothèse haute.

L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

L'exercice de prévision a consisté tout d'abord à simuler l'impact sur les effectifs d'enseignants aux différents grades du maintien du recrutement actuel de l'ordre de 1 500 moniteurs et attachés temporaires d'enseignement et de recherche (ATER). Cet exercice prend en compte les décès en cours d'activité, la mobilité externe, les départs en retraite et les changements de grade. Est considéré par ailleurs le fait qu'une partie des recrutements s'effectue sous la forme de détachements du secondaire.

Mais cette hypothèse qui conduit en 2000 à un effectif de 28 000 enseignants scientifiques du supérieur aboutit, si l'on tient compte d'un effectif étudiant de l'ordre de 450 000, à un taux d'encadrement supérieur à 1 pour 16. Pour maintenir le taux d'encadrement à son niveau actuel de 1 pour 12, il faudrait faire passer progressivement les recrutements annuels de moniteurs/ATER de 1 500 à 3 000.

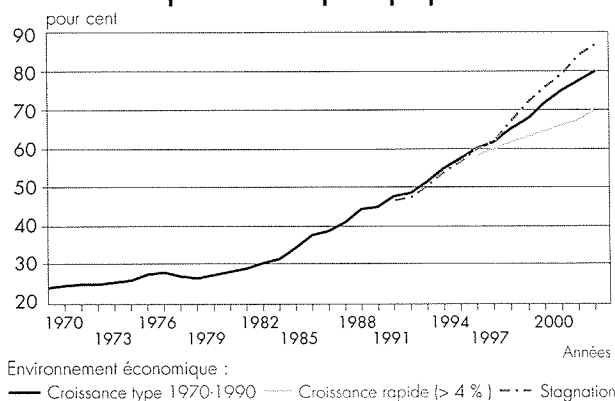
LA RECHERCHE EN ENTREPRISE

La première étape de la simulation utilise des données relatives à la proportion des effectifs de chercheurs par branches telle qu'indiquée dans l'enquête « Chercheurs en entreprise »¹³ de la Direction générale de la recherche et de la technologie (DGRT). Ont été ensuite estimées des relations entre la proportion de chercheurs d'une part et l'évolution de la valeur ajoutée et de l'investissement des branches d'autre part. L'exercice a mis en évidence la sensibilité de l'emploi scientifique à l'environnement économique. Aussi a-t-on utilisé les différents scénarios du Bureau d'informations et de prévisions économiques (BIPE), et de l'Office français de conjoncture économique (OFCE).

Les résultats des projections de la part des chercheurs dans l'emploi du secteur marchand à horizon 2002 sont présentés au graphique 5. Avec une croissance économique par secteurs proche de celle enregistrée en 1990 et 1991, le taux d'emploi scientifique (part des ingénieurs d'étude-développement dans l'emploi salarié) croîtrait de 4,7/1 000 à 7,5/1 000 à l'horizon

2000. Un scénario traduisant la stagnation des échanges économiques et par conséquent le tassement de l'activité industrielle verrait l'emploi scientifique plafonner à un taux de 6,5/1 000 en 2000. A l'inverse, un scénario optimiste où la croissance de la production industrielle dépasserait les 4 % l'an conduirait à un taux d'emploi scientifique dépassant 8/1 000 en 2000¹⁴.

Graphique 5
Taux d'emplois scientifiques : projection 2002



Pour obtenir à partir de l'effectif de l'emploi scientifique en entreprise les besoins de recrutement, on a appliqué un modèle démographique retraçant les diverses mobilités internes (sorties vers d'autres fonctions que la recherche-développement ou flux inverses) et externes (sorties d'activité). Le modèle calculé au niveau de chaque branche conduit aux besoins de recrutement indiqués dans le graphique ci-après.

La prévision situe le recrutement annuel entre 8 000 et 9 000 emplois scientifiques, suivant les variantes, à l'horizon 2000.

Le test de validation rétrospectif du modèle étant acceptable (voir p. 44), la valeur de l'estimation proposée est bien entendu liée à la robustesse des principales hypothèses du modèle dans le futur :

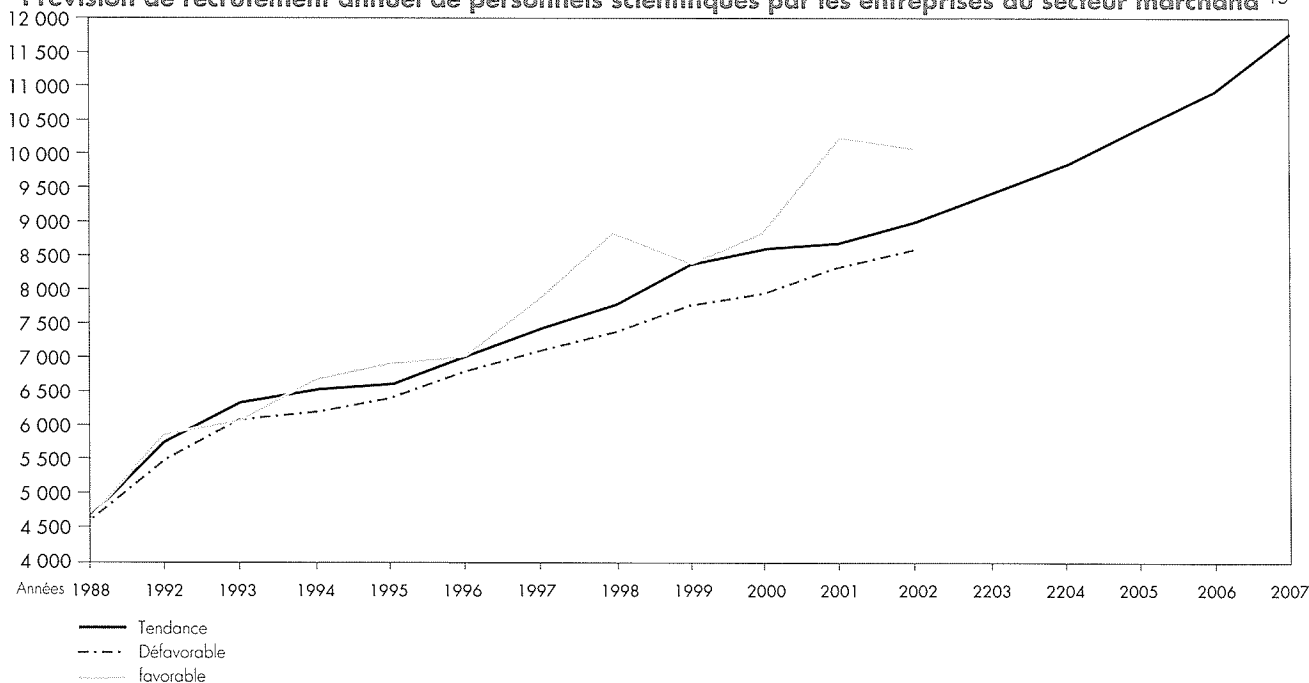
- confirmation et conservation de la distribution des diplômes des nouveaux chercheurs entrant dans les entreprises (20 % de docteurs, 60 % d'ingénieurs non docteurs et 20 % d'autres diplômés) ;

¹³ L'enquête « Chercheurs en entreprise » est une enquête annuelle facultative annexée à l'enquête statistique obligatoire sur les moyens consacrés à la Recherche et au développement dans les entreprises.

¹⁴ Les hypothèses ont été établies au deuxième semestre de 1991. Elles ont été corrigées à la baisse depuis par les différents instituts de prospective. Nos projections n'ont pas été réactualisées en fonction des tout derniers scénarios disponibles.

Graphique 6

Prévision de recrutement annuel de personnels scientifiques par les entreprises du secteur marchand ¹⁵



- maintien constant du taux de transition des ingénieurs des fonctions de RD (Recherche-développement) vers d'autres fonctions, tel que la moitié de ceux qui commencent dans la RD quitte cette activité dans les dix années suivantes.

Rien n'indique actuellement dans quelle sens peuvent se faire les évolutions, s'il y en a.

L'incertitude liée à l'évolution économique conditionne également la réalisation effective de la demande d'emplois scientifiques de la part des entreprises. Des calculs de sensibilité montrent qu'une modification d'un point du taux de croissance du Produit intérieur brut (PIB) entraînerait une variation de 450 à 650 demandes d'emploi de recherche-développement par les entreprises. L'ampleur de cette fourchette dépend surtout de l'effet sectoriel de la croissance du PIB. Ainsi une variation de l'activité provenant d'une hausse de l'exportation des biens d'équipement nous conduit au niveau supérieur de la fourchette (650). A l'opposé une modification du PIB plus dépendante de

la demande domestique nous conduit au niveau inférieur de la fourchette (450).

DISCUSSION DU BILAN

LE BILAN

Les tableaux confrontent les ressources en diplômés scientifiques et la demande de chercheurs selon deux acceptions. La première compare les flux de docteurs (non ingénieurs et ingénieurs) et la demande publique et privée de chercheurs docteurs. La seconde est plus large et rapporte la demande de chercheurs exprimée en docteurs et ingénieurs à l'offre totale d'ingénieurs et de docteurs.

La demande en chercheurs docteurs regroupe les enseignants-chercheurs ¹⁶, les chercheurs et les ingénieurs de recherche des organismes publics ainsi que

¹⁵ Compte tenu des aléas liés à la dynamique des activités pour un aussi long terme et dans la mesure où les résultats présentés dans ce résumé sont des sommations de projections sectorielles indépendantes, ce qui amplifie les écarts entre variantes, nous avons choisi de ne donner que la projection tendancielle après 2002.

¹⁶ La demande d'enseignants-chercheurs n'est pas équivalente dans sa totalité à une demande de docteurs. Le modèle de simulation des enseignants s'appuie sur le constat actuel selon lequel 20 % des ATER et moniteurs ne poursuivront pas dans les carrières enseignantes. Parmi ces 20 %, nous avons supposé que la moitié obtiendrait néanmoins son doctorat. Aussi, la demande de docteurs n'équivaut qu'à 90 % de la demande d'enseignants-chercheurs.

Le modèle de projection de la demande privée de main-d'œuvre scientifique

La simulation des effectifs de RD en entreprises a été obtenue à partir d'un modèle macro-économétrique testé sur les données de la comptabilité nationale, donc en tenant compte des données d'emploi du compte « satellite » recherche. On a bien entendu déduit les effectifs des EPST, traités par ailleurs, pour éviter les « double-comptes ».

Les tests statistiques sont réalisés sur la période rétrospective 1975-1989. On a tenu compte de la ventilation sectorielle suivante :

- agriculture et industries agricoles ;
- industries de l'énergie ;
- construction aéronautique ;
- reste de l'industrie des biens d'équipement ;
- industrie des biens intermédiaires et de consommation ;
- tertiaire marchand.

Le modèle comprend trois relations pour chaque secteur :

- détermination de l'emploi par une fonction de production « inversée » tenant compte des inerties, des substitutions de facteur et de la valeur ajoutée ;
- une relation donnant la dépense de RD en part de la valeur ajoutée et tenant compte du rythme de l'investissement ;
- une relation exprimant la part de l'emploi de RD dans l'emploi salarié total en fonction de la dépense de RD et des schémas d'investissement.

La présentation des résultats d'estimation sortirait du cadre de ce texte. Toutefois, on peut évidemment appliquer les outils classiques de validation de la modélisation, par exemple en utilisant l'écart absolu moyen (EAM) ¹ d'une simulation rétrospective 1978-1989. Les écarts, repris dans le tableau suivant, expriment l'erreur relative moyenne sur les effectifs de RD.

Tableau 6
Écarts absolus moyens annuels de simulation rétrospective, en % de l'emploi de RD, période 1978-1989

Agriculture et industries agricoles	1,32 %
Industries de l'énergie	2,03 %
Construction aéronautique	1,32 %
Reste de l'industrie des biens d'équipement	1,48 %
Industrie des biens intermédiaires et de consommation	1,23 %
Tertiaire marchand	1,86 %
Ensemble de l'emploi de RD en entreprise	1,45 %

Les résultats des simulations rétrospectives donnent des écarts relativement modérés entre valeurs observées et valeurs estimées. Il s'agit toutefois d'une moyenne d'écarts sur plus de dix années, ce qui n'exclut pas des erreurs de prévisions plus importantes quand on considère une seule année.

¹ Si l'on obtient pour une valeur observée x_i un résultat de simulation x_i^* , l'écart absolu moyen est défini par :

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - x_i^*|}{n}$$

les chercheurs titulaires d'un doctorat employés dans les entreprises.

La demande totale de chercheurs scientifiques agrège à la demande de chercheurs docteurs, la demande

d'ingénieurs non docteurs pour des fonctions de recherche-développement dans les entreprises. Les proportions respectives de docteurs et d'ingénieurs non docteurs occupés à des fonctions de RD ont été estimées à partir des données de l'enquête « Chercheurs en

entreprise » de la DGRT. On a supposé dans la projection que le rapport entre les deux catégories restait fixe.

Ces deux comparaisons privilégient l'activité de recherche par rapport aux autres activités susceptibles d'accueillir des diplômés scientifiques. La première comparaison s'inscrit dans une logique plutôt « adéquationniste » qui vise à étudier dans quelle mesure les flux de docteurs correspondent à la demande de chercheurs docteurs. Elle est justifiée par l'observation selon laquelle environ six docteurs sur sept travaillent dans la recherche et l'enseignement supérieur, selon l'enquête du Bureau des allocations de recherche auprès des formations de troisième cycle. La seconde comparaison retient comme donné le fait qu'une partie importante des recrutements de chercheurs en entreprise s'adresse à des ingénieurs non docteurs. Elle rapporte donc le total des embauches de chercheurs aux flux totaux d'ingénieurs et de docteurs.

Les deux indicateurs qui figurent dans les colonnes les plus à droite du tableau 4 expriment ces deux types de comparaison. Le graphique 7 retrace l'évolution des deux indicateurs de 1990 à 2006. Seul le premier indicateur permet de répondre précisément à la question initiale d'une éventuelle pénurie de scientifiques formés à la recherche. Le second indicateur mesure le prélèvement global des activités de RD parmi l'ensemble des diplômés, docteurs et ingénieurs. Bien que nous n'ayons pas procédé à une analyse de la demande totale de docteurs et d'ingénieurs à la fois pour la RD et pour d'autres activités, ce second indicateur fournit une information importante, quant à l'équilibre global sur le marché des emplois de niveau docteur et ingénieur. Dans un contexte où la demande d'ingénieurs de RD doublerait en une quinzaine d'années, la part prélevée pour

la recherche parmi les diplômés, ingénieurs et docteurs, n'augmenterait pas jusqu'à l'an 2000 et aurait même tendance à diminuer ensuite.

Ce qui ressort de façon flagrante de cette analyse, c'est qu'il est hautement improbable qu'apparaisse une pénurie de personnel scientifique à l'horizon 2000, mais qu'en revanche les emplois de chercheurs offerts risquent d'être insuffisants pour absorber le flux de jeunes scientifiques formés.

DISCUSSION LIÉE À LA RÉGULATION ET À LA PLEINE UTILISATION DES RESSOURCES

La régulation

Il semble prématuré d'évaluer l'impact de l'augmentation des allocations de recherche sur le nombre de thèses délivrées, puisque le nombre de doctorats correspondant à la première promotion à avoir bénéficié de l'augmentation des aides n'est pas encore connu. On peut seulement observer que le simple maintien du taux actuel d'allocataires, qui malgré l'effort enregistré ne représente qu'environ un tiers des nouveaux inscrits en doctorat de sciences, nécessite la poursuite d'une augmentation du flux des allocations de l'ordre de 450 unités supplémentaires par an, toutes disciplines confondues, jusqu'en l'an 2000.

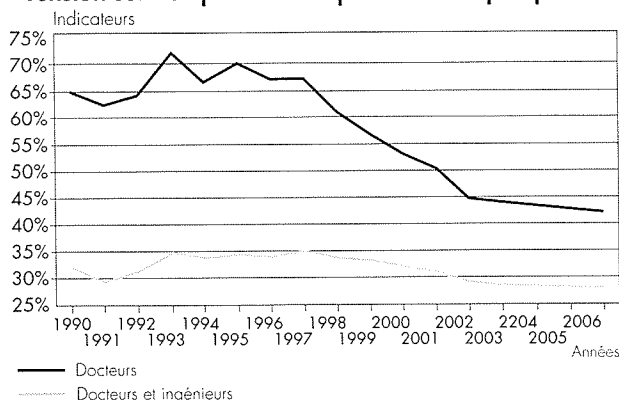
Quant à la question d'une éventuelle régulation des flux d'étudiants en doctorat par le biais du nombre d'allocations de recherche attribuées, en l'absence du recul nécessaire à une analyse détaillée de la sensibilité du volume des doctorants au volume des allocations, on se contentera de quelques remarques. Il est tout d'abord possible que les effets d'une variation du nombre d'allocations sur les inscriptions en thèse soient limités, en raison des possibilités de substitution entre les allocations et les autres formes de soutien financier telles que les contrats de recherche des laboratoires. Par ailleurs, dans le cas d'une réelle régulation des flux de docteurs par les flux d'allocations, l'existence d'une surproduction relative de docteurs serait simplement déplacée au niveau des DEA, où il existe déjà une sélection importante. Enfin, l'incertitude concernant la demande rend peu opératoire une politique d'ajustement des flux de docteurs aux besoins prévus.

L'utilisation des ressources disponibles en docteurs

Partant du constat que les entreprises n'embauchent que 20 % de leurs chercheurs au niveau du doctorat,

Graphique 7

Tension sur l'emploi scientifique : essai de prospective



on peut chercher à estimer ce que cette proportion deviendrait si l'ensemble des ressources disponibles de docteurs était absorbé dans la recherche. Si on maintient le taux annuel moyen de croissance des chercheurs des années 1980 (5,5 %), ce qui conduit au rattrapage en 1996 de la part dans la population active des chercheurs en entreprise de l'Allemagne en 1988, le nombre de docteurs disponibles à cette date de 1996 permet de doubler la proportion des docteurs parmi les nouveaux chercheurs en entreprise, en passant de un pour cinq à deux pour cinq.

Cependant, il n'est pas certain que les entreprises aient une réelle préférence pour les docteurs pour occuper des fonctions de recherche en leur sein. D'une part, ce sont les ingénieurs qui représentent la part la plus importante des recrutements et d'autre part, la comparaison des situations professionnelles des titulaires de DEA et des docteurs ne révèle pas de

différences de traitement de ces deux catégories par les entreprises.

Une partie des ressources disponibles pourrait être absorbée par la recherche publique. En effet, il faut avoir à l'esprit que celle-ci doit conserver une fonction essentielle dans la production des connaissances de base. Le rapport de l'OCDE déjà cité est explicite sur ce point¹⁷. Ainsi, la poursuite des objectifs affichés, à la fois croissance des effectifs de la recherche privée et stabilisation de ceux de la recherche publique, peut entraîner des déséquilibres dans le fonctionnement de la recherche, nuisibles à terme au progrès des connaissances comme au développement technologique.

17 (OCDE, 1992), voir en particulier les pages 36 à 39.

Tableau 3
Bilan global

Demande de chercheurs scientifiques						
Années	Docteurs en RD entreprise (a)	Ingénieurs en RD entreprise (b)	Enseignants du supérieur (c)	Recherche publique (d)	Ensemble docteurs (e) = (a) + 0,9 (c) + (d)	Ensemble docteurs et ingénieurs (f) = (a) + (b) + 0,9 (c) + (d)
1990	1 067	3 195	1 500	703	3 120	6 315
1991	970	2 905	1 500	700	3 020	5 925
1992	1 154	3 458	1 500	745	3 249	6 707
1993	1 263	3 782	2 000	812	3 875	7 657
1994	1 302	3 900	2 000	822	3 924	7 824
1995	1 326	3 974	2 500	832	4 408	8 382
1996	1 406	4 213	2 500	841	4 497	8 710
1997	1 471	4 408	3 000	851	5 022	9 430
1998	1 544	4 625	3 000	861	5 105	9 730
1999	1 653	4 952	3 000	866	5 219	10 171
2000	1 705	5 108	3 000	873	5 278	10 386
2001	1 714	5 136	3 000	876	5 290	10 426
2002	1 779	5 330	2 500	876	4 905	10 235
2003	1 848	5 537	2 500	876	4 974	10 511
2004	1 936	5 799	2 500	876	5 062	10 861
2005	2 031	6 085	2 500	876	5 157	11 242
2006	2 147	6 432	2 500	876	5 273	11 705

L'EMPLOI SCIENTIFIQUE : PERSPECTIVES INTERNATIONALES

LES RAISONS D'UNE PÉNURIE ANNONCÉE

L'intérêt porté à l'évolution de l'emploi scientifique dans la plupart des pays industrialisés est à la mesure du rôle dévolu au développement scientifique et technologique dans la compétition économique. Les attentes que suscite l'innovation technologique, en étroite liaison avec le progrès des sciences, comme facteur du développement économique peuvent expliquer l'attention portée à ce qui est souvent présenté comme un risque de pénurie de scientifiques formés¹⁸. Avant de

¹⁸ Ce n'est pas le lieu, ici, d'entrer dans le débat sur la liaison entre le progrès technique et la croissance ; notons seulement que l'augmentation plus modérée de la productivité observée dans les années récentes, alors que les progrès de l'innovation ne semblent pas avoir fléchi, indique que la question est plus complexe que ne le laissent penser les modèles standards.

proposer quelques résultats d'études quantitatives à l'étranger, nous allons examiner brièvement sur quelles données reposent ce pronostic.

La démographie est généralement le premier facteur mis en avant pour expliquer un possible déficit de nouveaux chercheurs. En effet, dans la plupart des grands pays industrialisés les effectifs de la classe d'âge des 15-19 ans a nettement diminué au cours des années 1980, ce phénomène étant plus accentué en Allemagne et retardé en France. Dans la plupart des pays les effectifs scolarisés dans l'enseignement supérieur ont cependant continué à croître en raison de l'augmentation des taux de scolarisation, mais à un rythme moins important que par le passé. En France la croissance des effectifs a en revanche été relancée de façon spectaculaire à la fin des années 1980. On peut encore énumérer un certain nombre d'autres facteurs qui, à un titre ou à un autre, peuvent jouer à la baisse dans la détermination de l'offre de diplômés scientifiques, tels que le ralentisse-

Tableau 4
Bilan global

Offre de diplômés scientifiques				Indicateurs		Années
Docteurs Ingénieurs (1)	Ingénieurs (2)	Docteurs (3)	Total (4) = (2) + (3) - (1)	I = (e) : (3)	II = (f) : (4)	
935	15 678	4 756	19 499	65,60 %	32,39 %	1990
988	16 336	4 821	20 169	62,64 %	29,38 %	1991
1 019	17 023	5 036	21 040	64,52 %	31,88 %	1992
1 064	17 737	5 372	22 045	72,13 %	34,73 %	1993
1 148	18 482	5 844	23 178	67,15 %	33,76 %	1994
1 196	19 259	6 291	24 354	70,07 %	34,42 %	1995
1 246	20 067	6 639	25 460	67,74 %	34,21 %	1996
1 299	20 911	7 421	27 033	67,67 %	34,88 %	1997
1 353	21 788	8 268	28 703	61,74 %	33,90 %	1998
1 409	22 704	9 096	30 391	57,38 %	33,47 %	1999
1 469	23 657	9 917	32 105	53,22 %	32,35 %	2000
1 531	24 651	10 516	33 636	50,30 %	31,00 %	2001
1 595	25 686	10 917	35 008	44,93 %	29,24 %	2002
1 662	26 766	11 258	36 362	44,18 %	28,91 %	2003
1 732	27 889	11 627	37 784	43,54 %	28,74 %	2004
1 804	29 061	12 038	39 295	42,84 %	28,61 %	2005
1 880	30 282	12 522	40 924	42,11 %	28,60 %	2006

ment de la féminisation des diplômés de l'enseignement supérieur, l'insuffisance d'aides financières aux étudiants ou l'allongement de la durée des études. La propension à choisir une filière scientifique plutôt que les filières non-scientifiques est également déterminante pour le niveau de l'offre de diplômés scientifiques.

La demande de personnels scientifiques s'est accrue à la mesure de l'augmentation importante de l'effort de RD industrielle enregistré dans la plupart des pays. En ce qui concerne la recherche publique, dans un contexte de ralentissement de la progression des dépenses, c'est le vieillissement de la population des chercheurs qui va représenter la principale source de demande supplémentaire pour le remplacement des départs en retraite. Certains pays, comme le Japon, s'inquiètent des déséquilibres induits par l'embauche prédominante des diplômés scientifiques dans les entreprises au détriment des organismes de recherche de base et mettent en place des programmes de soutien aux étudiants en thèse (Yamamoto, 1993).

Une difficulté importante, concernant l'ajustement de l'offre et de la demande, mérite d'être signalée. Une proportion croissante de diplômés scientifiques se dirige vers des professions extérieures aux activités scientifiques et technologiques. Aux Etats-Unis, en 1988, 15,5 % des chercheurs et des ingénieurs occupaient des emplois autres que scientifiques et techniques, contre 9 % seulement en 1976. Cette évolution est à mettre en rapport avec le niveau des salaires des emplois de chercheurs sensiblement moins élevé que celui des autres emplois à qualification équivalente. Cette discrimination, signalée par la plupart des études sur l'emploi scientifique, rappelle que les éventuelles pénuries apparaissent pour un niveau donné de salaire et qu'en l'occurrence il existe une possibilité d'ajustement par amélioration des salaires même si les délais de réponse sont longs, eu égard au temps nécessaire à la formation d'un chercheur.

QUELQUES RÉSULTATS D'ÉTUDES QUANTITATIVES À L'ÉTRANGER

Les études qui fournissent des projections de l'offre et de la demande de chercheurs et d'ingénieurs sont

peu nombreuses, leurs résultats parfois contradictoires pour un même pays et le niveau spécifique des docteurs en sciences encore plus rarement traité.

Dans un article qui synthétise les travaux sur les flux de docteurs aux Etats-Unis (Ehrenberg, 1992) il est fait référence à deux études prospectives aboutissant à des pénuries de docteurs, pour la première à partir de 1994 ¹⁹, pour la seconde sur la période 1997-2002 avec un taux très important de sous-production de nouveaux docteurs en sciences de 42 % ²⁰. En revanche, les projections du Bureau of Labor Statistics (Braddock, 1992) conduisent à des conclusions très différentes et contrastées, mais au niveau de l'ensemble de l'emploi scientifique et technique. Les scénarios sont basés sur trois hypothèses : une basse, correspondant à un ratio Dépense nationale de RD / Produit national brut en baisse de 25 % (2,0 %), une moyenne, avec ce ratio maintenu à son niveau actuel (2,7 %), et une haute, avec ce ratio en hausse de 25 % (3,4 %). En fonction des scénarios, le taux de croissance de l'emploi scientifique agrégé varie de 9 % à 59 %. Les emplois nouveaux de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens nécessaires, en moyenne chaque année, entre 1990 et 2005, sont évalués respectivement à 68 000, 112 000 et 155 000, alors que la moyenne réellement enregistrée entre 1984 et 1990 est de 121 000. En comparant ces résultats aux projections de diplômés (ce sont les *Bachelor's degrees* qui sont retenus) ²¹, on observe que sous les hypothèses médianes les niveaux respectifs de l'offre et de la demande resteraient équivalents entre 1990 et 2005 à ce qu'ils étaient entre 1984 et 1990. En fait, les risques de déséquilibre sont dans les deux sens, selon que l'on se situe sous les hypothèses basses ou hautes.

¹⁹ National Science Foundation, 1989, *Future Scarcities of Scientists and Engineers*, Washington, DC.

²⁰ Bowen William G., Sosa Julie Ann, 1989, *Prospects for faculty in the arts and sciences*, Princeton U. Press.

²¹ Le taux de diplômés délivrés par rapport à la tranche d'âge des 22 ans a nettement augmenté entre 1970 (4,1 %) et 1987 (5,2 %) et stagne depuis à environ 5,0 %.

Tableau 5

Années	1981	1988	1995	2000
First Degree Grad. Technologie	11 000	- 15 000	- 25 000	- 55 000
First Degree Grad. Sciences	8 000	4 000	10 000	- 9 000
Postgraduates Technologie	1 000	2 000	15 000	15 000
Sciences	1 000	- 1 000	22 000	26 000

Au Royaume-Uni, un bilan du marché du travail pour les diplômés de l'enseignement supérieur en sciences et en technologie (Wilson, Bosworth, Taylor, 1990) prévoit des déficits pour les sortants de premier cycle (*First Degree Graduates*) mais des surplus pour les docteurs (*Postgraduates*), tels que nous les avons reproduits dans le tableau 5 p. 48.

Aux Pays-Bas, un travail de même nature confronte la demande de chercheurs et une évaluation de la part des diplômés de l'enseignement supérieur, tous niveaux confondus, se destinant à des emplois de chercheurs, pour chacune des grandes disciplines académiques (Berendsen, De Grip, Willems, 1991). Exprimé en pourcentage de l'offre, le déficit prévu s'établit de la façon suivante pour les mathématiques et les sciences naturelles :

1990-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
14 %	20 %	20 %	22 %

Les quelques résultats dont nous avons pu disposer montrent que les risques de pénurie en main-d'œuvre scientifique n'ont pas un caractère général et bien établi, contrairement aux avis souvent émis. L'absence de perspectives de pénurie en France, ne constitue donc pas véritablement une exception dans le contexte international.

*
* *

Bien qu'en opposition totale avec l'opinion exprimée naguère dans les documents ministériels, le principal résultat de ce travail, l'absence de pénurie prévisible de docteurs scientifiques dans les prochaines années, n'est pas surprenant puisqu'avec un décalage de huit à dix ans, durée moyenne de l'obtention d'une thèse scientifique pour un bachelier, devrait se reproduire au niveau du doctorat, l'augmentation spectaculaire des effectifs enregistrée à partir de 1988 à l'entrée dans les universités. La question d'éventuels déséquilibres partiels au détriment de la demande pour telle ou telle spécialité reste posée, mais nous n'avons aucune indication que cela puisse être le cas. Pour ce qu'on peut en juger, les demandes des entreprises concernant les docteurs scientifiques expriment plutôt un besoin d'élargissement des compétences de ces derniers, dans le cadre d'une fonction d'innovation amalgamant recherche et marketing, que l'exigence de la formation de spécialistes très pointus ²².

²² C'est du moins ce que nous avons retenu d'une communication orale faite à l'occasion d'un compte-rendu de l'étude Cegos (1991).

Ce travail nous a également permis d'améliorer notre connaissance des formations pour la recherche, des métiers de la recherche, et des relations entre les deux.

Il apparaît que le DEA est, comme le doctorat, un niveau d'insertion dans les emplois de la recherche : les flux annuels d'embauches de chercheurs sont équivalents au niveau du DEA et du doctorat pour l'ensemble des emplois de la recherche, publics et privés. L'insertion au niveau du DEA l'emporte pour les métiers de la recherche en entreprise, tandis que le doctorat est plus souvent requis pour les emplois publics de la recherche (y compris l'enseignement supérieur). Il faut cependant nuancer l'importance apparente du DEA pour les carrières de RD industriel. Sur un plan général ce ne sont ni les titulaires d'un DEA, ni les titulaires d'un doctorat qui ont la préférence des entreprises pour les emplois de chercheurs, mais les ingénieurs. Parmi les ingénieurs qui font un troisième cycle, la plupart s'arrêtent au niveau du DEA, ce qui renforce donc le poids des titulaires d'un DEA par rapport aux docteurs dans la recherche en entreprise. Avec la réforme du troisième cycle qui allège les exigences pour la thèse et pousse à un troisième cycle intégré, le DEA constituant l'année préparatoire de la thèse, les sorties au niveau du DEA devraient diminuer, tout au moins dans le cursus classique passant par la maîtrise. A l'inverse le DEA a tendance à compléter les formations d'ingénieurs et à devenir partie intégrante du cursus d'ingénieur. Comme nous l'avons déjà souligné, les inscriptions en DEA correspondent à deux populations nettement distinctes : les ingénieurs complétant leur formation d'une part, les titulaires d'une maîtrise entamant un troisième cycle qui doit les conduire au doctorat d'autre part.

Quant aux carrières des chercheurs dans les entreprises, les résultats les plus singuliers concernent leurs rémunérations. A ancienneté et diplôme équivalents, les chercheurs en entreprise perçoivent une rémunération significativement inférieure à celle des cadres exerçant d'autres fonctions dans l'entreprise. Il existe donc dans l'entreprise un marché spécifique des emplois scientifiques qui se distingue des conventions de rémunération des autres fonctions.

Cette spécificité semble pouvoir être expliquée par deux facteurs. Le premier concerne l'existence de la recherche publique qui introduit des normes de gestion des carrières, notamment sur le plan salarial, extérieures à l'entreprise. Le second est à relier à la mise en œuvre de temporalités différentes entre les trajectoires professionnelles des chercheurs et celles des autres cadres supérieurs de l'entreprise. Dans cette optique, le secteur de la recherche en entreprise

est, pour de nombreux cadres, un secteur d'insertion qui constitue un « tremplin » vers d'autres fonctions dans l'entreprise. On distinguerait ainsi deux types de chercheurs : celui qui effectue tout ou une partie essentielle de sa carrière dans la RD et celui pour lequel la RD ne serait qu'une activité d'insertion servant à le signaler dans l'entreprise. La politique publique de l'emploi scientifique conduit à renforcer les pratiques des entreprises faisant de la recherche un secteur d'insertion, en particulier avec le développement des conventions industrielles de formation de la recherche (CIFRE).

L'étude réalisée récemment par la Cegos auprès d'un panel d'entreprises industrielles françaises et de bureaux d'études confirme que les salaires des cadres occupant des postes en recherche et développement sont inférieurs à ceux des autres cadres²³. Elle souligne par ailleurs la diversité des modalités de recrutement par l'entreprise de son personnel de recherche. Les formations d'ingénieurs continuent à être privilégiées pour l'embauche dans des emplois de chercheurs par rapport aux formations doctorales (moins d'un jeune recruté sur cinq est titulaire d'un doctorat). Il faudrait être en mesure de préciser s'il s'agit d'une tendance générale des entreprises, quel que soit le pays où elles sont localisées, ou bien d'une particularité française qui pourrait s'expliquer, par exemple, par le statut des grandes écoles et leurs liens traditionnels avec les entreprises.

Ces dernières remarques soulignent l'intérêt qu'il y aurait à étudier plus systématiquement les stratégies de l'emploi scientifique des entreprises en vue d'améliorer notre connaissance du marché de l'emploi scientifique.

Jean-Paul Beltramo, Jean Bourdon, Jean-Jacques Paul
*Institut de recherche sur l'économie
de l'éducation-CNRS*

23 Voir Cegos (1991).

Bibliographie

- Beltramo J.P., Bourdon J., Paul J.J., (1992), *Essai de prospective de l'emploi scientifique en France*, étude réalisée pour le ministère de la Recherche et de l'Espace, IREDU/CNRS, Université de Bourgogne, Dijon.
- Berendsen H., De Grip A., Willems E.J.T.A., (1991), *The Labour Market for R&D Manpower in the Netherlands*, Rijksuniversiteit, Maastricht.
- Braddock D.J., (1992), *Scientific and technical employment, 1990-2005*, Monthly Labor Review, February 1992, pp. 28-41.
- Cegos, (1991), *Etude sur les besoins en docteurs dans l'industrie*, réalisée pour le ministère de la Recherche et de la Technologie.
- Comité d'études sur les formations d'ingénieurs, (1988), *Etude prospective sur les emplois d'ingénieurs*, Comité national pour le développement des grandes écoles.
- Commissariat général du Plan, (1989), *La science, la technologie, l'innovation : une politique globale*, Rapport de l'intergroupe recherche et développement technologique, X^{ème} Plan 1989-1992, La Documentation française.
- Ehrenberg R.G., (1992), *The Flow of New Doctorates*, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXX (June 1992), pp. 830-875.
- Fournié D., (1992), *Poursuite de la forte croissance des effectifs de l'enseignement supérieur d'ici 2000*, *Education et formation*, numéro spécial, juin 1992, MEN (DEP), pp. 25-32.
- OCDE, (1992), *La technologie et l'économie*, Paris.
- Wilson R.A., Bosworth D.L., Taylor P.C., (1990), *Projecting the Labour Market for the Highly Qualified*, IER, University of Warwick.
- Yamamoto S., (1993), *Research Training in Japan*, (A country paper prepared for OECD workshop on 17 and 18, March, 1993, Amsterdam), University of Tsukuba.