

La mobilité internationale temporaire des scientifiques français : modalités et conséquences

Philippe MOGUEROU (IREDU-CNRS, Université de Bourgogne, Dijon)
XXIIIe Journées de l'Association d'Economie Sociale, ERES-PEPSE,
Grenoble, 11-12 septembre 2003

Résumé

Les Etats-Unis jouent le rôle de pôle mondial d'attraction pour la main-d'œuvre hautement qualifiée, ce que confirment la localisation et les conditions d'emploi des post-doctorants français. Cependant, l'analyse des conséquences du post-doctorat sur la carrière individuelle des docteurs français indique que le retour migratoire n'a pas l'effet positif attendu.

1. INTRODUCTION

La mobilité internationale des scientifiques et des ingénieurs fait partie intégrante des transformations affectant les systèmes nationaux d'innovation, au premier rang desquelles figure l'internationalisation croissante des processus d'innovation. Cette mobilité, en dépit de sa faible importance quantitative, participe aux flux de connaissances générés, et par l'imbrication croissante des acteurs nationaux de l'innovation – acteurs issus aussi bien de l'enseignement supérieur et de la recherche publique que de la R&D industrielle –, et par la « globalisation » de ces mêmes acteurs.

Contrairement aux Etats-Unis, l'Europe apparaît avoir des difficultés à attirer et, dans une moindre mesure, à maintenir sur son sol une main d'œuvre hautement qualifiée telle que les scientifiques et les ingénieurs de haut niveau (Mahroum 1999). Dans une économie fondée sur la connaissance où le progrès technologique et la croissance économique dépendent en grande partie de la croissance des effectifs de chercheurs et d'ingénieurs (Jones 2002), cette situation est préoccupante.

Ce papier étudie les modalités et les conséquences de l'émigration temporaire des jeunes docteurs scientifiques français à l'aide d'une enquête originale conduite à l'Irédudur pendant l'année 2001. La mobilité internationale des docteurs s'effectue majoritairement durant les « stages » post-doctoraux, périodes d'emploi après la thèse devenues un passage, sinon obligé, du moins nécessaire, dans de nombreuses disciplines scientifiques.

Dans une première section, nous étudions les modalités de la mobilité internationale de la main-d'œuvre scientifique et technologique française. Nous soulignons les difficultés de mesure de la mobilité internationale des ressources humaines pour la science et la technologie. Nous montrons toutefois qu'en dépit de ces difficultés, il est incontestable que les Etats-Unis jouent un rôle attractif pour ce

type de main-d'œuvre. Les localisations et les conditions d'emploi des post-doctorants français confirment ce rôle particulier des Etats-Unis dans le système d'innovation mondial.

Dans une seconde section, nous proposons une mesure des conséquences individuelles en termes de carrières professionnelles de cette mobilité internationale pour les docteurs français ayant connu une ou plusieurs périodes post-doctorales à l'étranger.

2. LA MOBILITE INTERNATIONALE DE LA MAIN-D'ŒUVRE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE : DIFFICULTES DE MESURE ET MODALITES

La question de la mobilité internationale de la main-d'œuvre a été abordée, en économie, essentiellement dans la perspective du commerce international (Ishikawa 1996, Goodfriend et McDermott 1998) et principalement pour ses conséquences sur le niveau des salaires (Engerman et Jones 1997). La fuite des cerveaux (*brain drain*) ou la circulation des cerveaux (*brain circulation*), qui peuvent être expliqués par des raisons d'accumulation du capital humain, ont d'autre part très majoritairement été étudiés entre pays en développement et pays développés dans une perspective, soit de développement économique (Bhagwati 1985), soit plus démographique d'étude sur les populations (Miyagiwa 1991). L'émigration internationale de la main-d'œuvre qualifiée est alors vue en général comme une fuite des talents des économies les moins développées. Récemment, des modèles plus dynamiques de « fuite des cerveaux » ont apporté un certain renouveau à ces thèmes. Dans ces « nouveaux » modèles de croissance « endogène », le *brain drain* peut en effet être bénéfique, sous certaines hypothèses, même pour les pays en développement, ou plus généralement, pour les pays connaissant une migration de la main-d'œuvre qualifiée (Mountford 1997, Vidal 1998, Fischer 1999, Beine et al. 2001).

Mais la mobilité internationale de la main-d'œuvre qualifiée n'est pas limitée entre pays en développement et pays développés. Les migrations de ce type de main-d'œuvre sont en effet une source majeure de transferts de connaissance entre pays développés (OECD 2002).

2.1. La longue marche vers une mesure satisfaisante des migrations internationales de main-d'œuvre scientifique et technologique

Les considérations relatives à la mobilité internationale des scientifiques et des ingénieurs sont tout aussi anciennes que celles qui se sont préoccupées de la mesure de la main-d'œuvre scientifique et technique.¹ Ces considérations sont d'ailleurs très souvent liées puisqu'une des causes souvent avancées – dans les

¹ La plupart de ces études provenaient de l'administration américaine et faisaient suite au rapport de Vannevar Bush (1945). On peut dater de cette époque les premières tentatives de mesure de la main-d'œuvre scientifique et technique au niveau national.

pays en développement, mais aussi au Canada et en Grande-Bretagne – pour expliquer un déficit en main-d'œuvre qualifiée est la fuite des cerveaux vers l'extérieur.

Si les préoccupations américaines après la deuxième guerre mondiale concernaient essentiellement le déficit en main-d'œuvre scientifique, les inquiétudes anglaises de la même époque se situaient dans la fuite des cerveaux dont le Royaume-Uni était supposé être la victime. Le terme *brain drain* serait d'ailleurs issu du contexte anglais des années d'après-guerre.² Le *British Advisory Council on Science Policy* (ACSP) a entrepris un grand nombre de travaux qui tentaient d'évaluer l'offre de scientifiques et d'ingénieurs et s'essayaient à des travaux de prévision de demande.³ Ces travaux, ainsi que ceux de la *Royal Society*, ont rapidement été critiqués, essentiellement pour la faible qualité des exercices de prévision (Blaug et Gannicott 1964).

En effet, les mesures de la main-d'œuvre scientifique et technologique utilisées alors n'étaient basées sur aucun standard international. Deux problèmes importants avaient été négligés. D'une part, ces statistiques étaient basées sur des nomenclatures et des conventions différentes d'un pays à l'autre. D'autre part, la plupart des pays utilisaient des mesures basées sur les niveaux d'éducation, en négligeant ainsi le côté demande puisque les individus possédant des emplois de scientifiques, d'ingénieurs ou des postes équivalents mais ne disposant pas d'un niveau de qualification formel équivalent n'étaient pas comptés comme faisant partie de la main-d'œuvre scientifique et technique.

Des efforts récents importants ont été entrepris par l'UNESCO puis par l'OCDE, auquel s'est joint Eurostat, pour établir une nomenclature internationale des professions scientifiques et techniques d'une part, et des niveaux d'éducation et de diplômes d'autre part. Après avoir identifié une douzaine de concepts différents pour décrire la main-d'œuvre scientifique et technologique, ces deux organismes ont développé le concept de ressources humaines consacrées à la science et à la technologie – *Human Resources devoted to Science and Technology*, HRST –, dont les standards sont disponibles dans le manuel de Camberra adopté en 1995 (OECD 1995).⁴ La HRST comprend les individus qui, soit ont un diplôme de niveau tertiaire dans le champ de la science et la technologie, soit, même s'ils ne disposent pas formellement de ce type de diplôme, possèdent néanmoins un emploi scientifique et technologique dont les qualifications nécessaires requièrent

² Contexte caractérisé selon Johnson (1965), un auteur du courant « internationaliste » de la littérature sur le *brain drain*, par une politique gouvernementale de limitation de la croissance des salaires, et plus globalement de limitation des dépenses publiques en faveur de la science, politique qui se serait traduite par une émigration des scientifiques anglais vers les Etats-Unis et le Canada. A ce propos, l'auteur note ainsi que, contrairement aux idées reçues, le Canada aurait été un des principaux bénéficiaires de l'échange de main-d'œuvre qualifiée depuis la seconde guerre mondiale et que ce pays aurait fourni davantage les *drains* que les *brains* au reste du monde.

³ Pour une liste de ces travaux, voir Godin (2002) p.11.

⁴ Basé sur les travaux d'un groupe d'experts, le NESTI (National Experts in Science and Technology Indicators).

normalement la possession d'un tel diplôme. Cette définition, si elle répond aux objections que nous avons avancées précédemment, et notamment si elle tient compte du côté offre (les diplômés) et du côté demande (les emplois), n'en demeure pas moins critiquable. La classification double (emplois/niveaux d'éducation) n'est en effet pas homogène et peut rendre les comparaisons difficiles. C'est ainsi que le manuel de Camberra et certains travaux qui ont suivi⁵ se sont restreints à l'étude de sous segments de la HRST, notamment la population HRST cœur, définie comme les individus satisfaisant aux deux conditions précédentes.

Malgré ces améliorations notables dans la standardisation internationale de statistiques relatives à la main-d'œuvre scientifique et technologique, des problèmes persistent quant à la mesure du *brain drain*. En effet, comme le soulignent Auriol et Sexton (2001 p. 19), « one feature that applies to most of the above-mentioned sources [of migration statistics] is that they only measure inflows. While many countries provide many aggregate estimates for gross migration outflows, it is rarely possible to derive detailed information on emigration. ». D'autres difficultés sont également apparues dans les concepts utilisés par le manuel de Camberra et diverses révisions et améliorations du manuel ont commencé à partir de 2001.

2.2. Les Etats-Unis, pôle mondial d'attraction de la main-d'œuvre scientifique et technologique de haut niveau

Malgré toutes les difficultés de mesure que nous venons de présenter, il n'en demeure pas moins que les Etats-Unis attirent, sans conteste, une part importante et croissante de la main-d'œuvre scientifique et technologique mondiale.

D'une part, les Etats-Unis accueillent une grande proportion d'étudiants étrangers, ces derniers constituant une part essentielle des migrations des ressources humaines pour la science et la technologie. A la fin des années 90, la part du nombre mondial total d'étudiants étrangers accueillis sur le sol américain était ainsi de 37,1%. Par comparaison, la France n'accueillait que 13,9% de ces étudiants (OECD 2002).

Mais les Etats-Unis semblent attirer davantage encore les étudiants les plus avancés et les étudiants des disciplines scientifiques. La progression de la proportion d'étrangers aux Etats-Unis parmi les doctorants et les post-doctorants est ainsi frappante. Selon les données de la National Science Foundation (National Science Board 2000), la proportion de doctorants étrangers en sciences est ainsi passée de 17 à 33% entre la fin des années 70 et la fin des années 90. Sur la même période, la proportion de post-doctorants provenant de l'immigration a évolué de 33 à 53%.

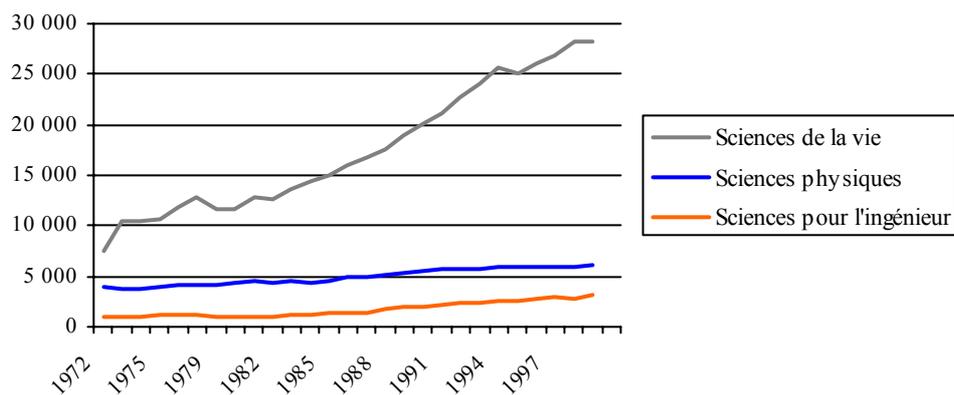
Plus de 40 000 post-doctorants sont actuellement présents sur le sol américain alors qu'ils étaient moins de 14 000 avant 1979. Les post-docs en sciences de la vie sont de loin les plus nombreux et ont subi l'accroissement le plus important, bien

⁵ Pour plus de précision sur ce point, voir Auriol et Sexton (2001) p. 5 et suivantes.

qu'une croissance régulière du nombre de post-docs en physique et, plus récemment, en sciences pour l'ingénieur, soit également observée. Les post-doctorants sont également concentrés dans un nombre limité d'institutions puisque 50 universités américaines concentrent plus des deux tiers des post-doctorants.⁶

Le nombre de post-doctorants français présents aux Etats-Unis en 2000 était évalué entre 1000 et 3000 (Seznec et Martin-Rovet 2001). Concernant les post-docs français présents aux Etats-Unis, une enquête menée par Terrouane (1997, p. 43) montre que les raisons principalement avancées pour la réalisation d'un post-doc aux Etats-Unis concernent le manque d'opportunités d'emplois en France (58%), la nécessité de réaliser un post-doc pour obtenir un emploi dans la recherche (56%), l'apprentissage de l'anglais (49%) ou sur conseil du directeur de recherche (35%).

Graphique 1 : nombre de post-doctorants présents aux USA, par disciplines



Source: NSF-NIH Survey of Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering, NSF Division of Science Resources Studies.

2.3. Les post-doctorants français aux Etats-Unis

L'enquête menée à l'Irédud pendant l'année 2001 qui concerne l'insertion des docteurs scientifiques français diplômés en 1996-97 va nous permettre de présenter rapidement l'activité et les conditions de travail des post-doctorants français. L'enquête a été effectuée en mai et juin 2001 et a permis de récolter un échantillon de 504 réponses exploitables, 307 individus de sexe masculin et 197 de sexe féminin. L'échantillon comprend des docteurs diplômés de la majorité des universités françaises.

⁶ En 1997, l'université de Harvard comprenait ainsi plus de 2500 post-doctorants à elle seule.

Globalement, 59% des docteurs de notre échantillon déclarent avoir effectué un post-doctorat à l'issue de leur thèse et 21% deux post-doctorats (cf. tableau 1). Le post-doc est très courant en sciences de la vie puisque quatre docteurs sur cinq ont réalisé un post-doc dans ces disciplines. Dans les autres champs scientifiques, le post-doc concerne entre un tiers et la moitié des docteurs.

Le premier post-doc est effectué à l'étranger à 62% contre 43% pour le second post-doc. Le pays qui accueille le plus de post-doctorants français est sans conteste les Etats-Unis puisque 30% des docteurs y ont réalisé leur premier post-doc. Viennent ensuite le Japon (9%), la Grande-Bretagne (5%), le Canada (4%) et l'Allemagne (4%), la Belgique (2%) et les Pays-Bas (2%). Quelques rares docteurs sont également partis en post-doc en Australie, en Italie, en Suisse, en Grèce, en Suède en Espagne ou en Irlande.

Nous regroupons les post-doctorats en quatre catégories :

- Les post-docs effectués en France et accomplis au sein du laboratoire de thèse.
- Les post-docs effectués en France mais dans un autre laboratoire.
- Les individus ayant accompli un post-doc aux Etats-Unis.
- Les docteurs ayant effectué un post-doc dans un autre pays.

Les durées moyennes du premier et du second post-doc sont respectivement de 20 et 18 mois (cf. tableau 2). Les post-docs réalisés en France sont de durées plus courtes que ceux effectués à l'étranger, et ceci est vrai pour le premier et pour le second post-doc.

Tableau 1 : proportion de post-doc et lieu des post-doc par disciplines (%).

	Physique	Chimie	Biologie	Maths	Ensemble
Un postdoc	46	51	79	28	59
Deux ou plus	13	15	31	4	21
Premier post-doc					
Post-doc en France	41	31	36	8	38
Post-doc aux USA	26	23	34	54	30
Autres pays	33	46	29	38	32
Second post-doc					
En France	56	53	55	50	58
USA	11	20	27	50	21
Autres pays	33	27	18	0	22

Source : enquête Irédu 2001.

Des différences importantes apparaissent dans l'orientation des recherches menées lors du post-doc entre les docteurs qui sont restés dans leur laboratoire de thèse – qui mènent des recherches plus appliquées – et les docteurs qui sont partis dans un autre laboratoire, mais toujours en France – qui font davantage des

recherches fondamentales, en proportion pratiquement égale aux docteurs ayant effectué un post-doc aux USA (cf. tableau 3). Très peu de docteurs ont des activités de développement durant leur post-doc.

Tableau 2 : durées moyennes des post-docs selon leur localisation

	En France		USA	Autres	Ensemble
	Autre	Même lab			
Durée post-doc 1	15.4	16.7	24.0	21.1	20.0
1-12	53	56	22	29	36
13-24	33	23	47	40	38
25-36	11	17	18	24	18
36+	3	4	14	7	8
Durée post-doc 2	14.9	16.2	28.1	13.8	18.0
1-12	59	40	3	64	44
13-24	28	50	41	32	38
25-36	14	10	28	0	13
36+	0	0	23	5	6

Source : enquête Irédu 2001. Lignes « durée » : durées en mois. Autres lignes : répartition en %.

Tableau 3 : orientation des recherches durant le post-doc (%)

	En France		USA	Autres pays	Ensemble
	Autre	Même labo			
	Premier post-doc				
Fondamentale	61	44	65	54	57
Appliquée	35	54	34	40	39
Développement	9	8	11	11	10
	Second post-doc				
Fondamentale	46		59	57	51
Appliquée	48		36	43	44
Développement	18		18	13	17

Source : enquête Irédu 2001.

La diversité des post-doctorats peut être appréhendée par la plus ou moins grande autonomie dont dispose les post-doctorants dans leurs activités de recherche. En effet, le post-doctorant peut simplement avoir à suivre les grandes orientations du laboratoire tout en travaillant sous l'autorité d'un directeur de recherches, il est également possible qu'il effectue un contrat de recherche, ou bien encore qu'il travaille pour une institution extérieure tout en bénéficiant des infrastructures du laboratoire. Si la proportion de post-doctorants qui se considèrent comme autonomes dans leurs activités de recherche est relativement similaire selon la localisation du post-doc, il n'en est pas de même des contraintes avancées par ces individus. En effet, alors que 62% des post-doctorants aux USA annoncent

simplement qu'ils doivent suivre les grandes orientations de leur structure de travail, ils sont seulement respectivement 27% et 37% parmi les individus qui sont restés en France dans leur laboratoire de thèse et ceux qui sont restés en France mais dans une autre structure de travail (cf. tableau 4). La proportion de post-doctorants qui déclarent avoir des objectifs précis à réaliser est plus élevée pour les individus qui sont restés dans leur laboratoire d'origine que pour les autres post-doctorants. Ces post-docs français qui sont restés dans leur laboratoire de thèse sont donc davantage des emplois d'attente que des post-docs au sens premier du terme qui impliquent un développement des compétences spécifiquement valorisables sur le marché académique.

Tableau 4 : autonomie dans l'activité de R&D durant le premier post-doc (%)

	En France		USA	Autres	Ensemble
	Autre	Même lab			
Autonome	33	37	28	33	32
Doit suivre les grandes orientations du labo	37	27	62	51	48
Objectifs précis à réaliser	49	80	41	57	54
Travaux pour une institution extérieure	26	17	19	15	19

Source : enquête Irédu 2001. Trois dernières lignes : % parmi ceux qui ne sont pas autonomes.

Tableau 5 : rémunérations perçues durant le premier post-doc (en francs)

	En France		USA	Autres	Ensemble
	Autre	Même lab			
Revenus moyens	9752	9435	16072	14599	13126
7500 F ou moins	13	17	0	6	8
De 7500 à 10000 F	46	65	7	22	30
De 10001 à 15000 F	39	17	37	39	35
De 15001 à 20000	2	0	51	20	22
Plus de 20001 F	0	0	5	14	6

Source : enquête Irédu 2001. Lignes revenus : revenus en francs. Autres lignes : répartition en %.

Les rémunérations nettes perçues par les post-doctorants sont présentées dans le tableau 5.⁷ Les résultats montrent sans surprise une importante différence de

⁷ Les comparaisons internationales en termes de revenus sont toujours délicates, non seulement du fait des difficultés de conversion entre devises, mais plus généralement en raison des différences institutionnelles existant entre les différents pays, différences qui rendent la comparaison des pouvoirs d'achat difficiles. Ici, nous avons choisi de demander la rémunération mensuelle nette perçue qui correspond, davantage que le revenu brut, au pouvoir d'achat potentiel du revenu perçu. Les conversions entre devises ont été effectuées à l'aide des taux de change annuels moyens en parité des pouvoirs d'achat calculés par l'OCDE pour l'année 2000.

revenus entre post-doctorants en France et post-doctorants à l'étranger. Pour le premier post-doc, le revenu mensuel net moyen des post-docs en France est inférieur à 10 000 F alors que le revenu moyen des post-doctorants français aux Etats-Unis s'établit à 16 000 F.⁸

3. LES CONSEQUENCES DE L'EMIGRATION SCIENTIFIQUE TEMPORAIRE : UNE TENTATIVE DE MESURE SUR DONNEES INDIVIDUELLES

Quelles sont les conséquences, au niveau individuel, de cette émigration temporaire à l'étranger ? Ou autrement dit, quel est l'impact de la période post-doctorale sur la carrière individuelle ? Le post-doctorat, principalement à l'étranger, peut être considéré comme un investissement coûteux dont l'individu peut espérer tirer une certaine rentabilité. Ici, cette rentabilité s'exprime par les probabilités d'emploi obtenu à l'issue du post-doctorat.

3.1. Techniques d'estimation

Plus précisément, nous expliquons la probabilité d'être maître de conférences ou chargé de recherche au CNRS ou dans un autre grand organisme de recherche public équivalent⁹, entre trois et cinq ans après la soutenance. Dans ces modèles nous intégrons un ensemble de variables pour caractériser l'activité des docteurs en thèse. Nous y faisons également figurer des variables relatives aux post-docs.

L'estimation de modèles probit simples fait surgir deux types de problèmes qui risquent de biaiser les coefficients estimés.

D'une part, la décision d'effectuer une formation post-doctorale est une décision endogène et non pas aléatoire. Il est ainsi probable que vouloir une carrière académique incite les docteurs à entreprendre un post-doc. Le caractère non exogène de la décision d'effectuer un post-doc risque de biaiser les coefficients estimés dans les modèles sans prise en compte de l'effet de sélection si les deux populations ont des caractéristiques inobservables différentes. Nous traitons ce problème à l'aide de l'estimation de modèles probit bivariés. L'équation 1 correspond à la probabilité d'être MCF ou CR. L'équation 2 modélise la probabilité d'avoir effectué un post-doc. Dans le tableau 6, nous proposons les résultats de l'estimation de quatre modèles différents.

D'autre part, la situation actuelle d'emploi des individus est uniquement observée pour les docteurs qui ne sont pas en post-doc à cette date. Un problème de sélection risque alors de se produire. Pour le traiter, nous procédons à l'estimation de modèles probit bivariés avec sélection. L'équation de sélection modélise la probabilité de ne pas être en post-doc au moment de l'enquête. Dans le tableau 7, nous présentons les estimations de trois modèles différents.

⁸ L'enquête ayant été effectuée en 2001, nous laissons les sommes dans notre ancienne monnaie.

⁹ Nous avons montré ailleurs (Moguéro 2002) que seule cette probabilité d'emploi est affectée par la période post-doctorale.

Nous avons tenté de résoudre simultanément ces deux problèmes par l'estimation de modèles probit trivariés prenant en compte, et le problème d'endogénéité, et le problème de sélection, mais hélas sans succès.¹⁰

3.2. Résultats des estimations

Commentons brièvement quelques-uns des résultats auxquels nous parvenons à l'aide des modèles estimés, en centrant notre propos sur les variables relatives au post-doctorat.

Les docteurs-ingénieurs ont une probabilité plus élevée d'intégrer la sphère académique ce qui, au premier abord, peut sembler assez surprenant. Cependant, cela confirme que les ingénieurs qui entreprennent une thèse le font en général par réelle motivation ou intérêt pour la science et qu'ils sont particulièrement intéressés à entreprendre une carrière dans la recherche publique. Les femmes ont, elles, une probabilité bien plus faible.

Côté financements de la thèse, les moniteurs ont clairement une probabilité plus élevée d'être MCF ou CR. Le rattachement du laboratoire de thèse exercerait également un certain effet : les docteurs de l'INRA aurait ainsi un accès favorisé au monde académique.

L'orientation des recherches menées en thèse exerce des effets prononcés sur la probabilité d'accéder à une fonction académique. Les docteurs à thèse plutôt fondamentale ont ainsi une probabilité bien plus élevée que les autres d'entreprendre une carrière universitaire ou dans la recherche publique. La discipline du doctorat n'a plus réellement d'effet, une fois pris en compte l'ensemble des autres effets¹¹. D'autres variables retraçant l'activité de recherche en thèse ont également des effets sur la probabilité en question. C'est le cas du nombre de conférences effectuées dans le cadre de la thèse qui a un effet positif sur la probabilité étudiée (le nombre de publications n'était par contre pas significatif). L'obtention des félicitations du jury n'a pas d'effet significatif.

La variable dichotomique post-doc n'est jamais significative. En revanche, la localisation du post-doc exerce clairement des effets sur la probabilité étudiée : seul le fait d'avoir entrepris un post-doc en France dans le même laboratoire que la thèse exerce un effet positif sur la probabilité d'être maître de conférences ou chargé de recherche au CNRS, même si une certaine variabilité dans les effets marginaux peut être observée (de 22 à 26%). Nous avons également cherché à contrôler pour l'activité de recherche effectuée en post-doc. En effet, les post-doctorants les plus actifs durant leur post-doc sont également ceux qui devraient avoir une plus forte probabilité d'intégrer la sphère académique selon les critères habituellement avancés par les instances de recrutement des MCF et des chargés de

¹⁰ La taille relativement réduite de l'échantillon est probablement en cause et rend l'estimation de modèles aussi complexes impossible.

¹¹ Faute de place, nous n'avons pas représenté dans les tableaux les effets marginaux relatifs aux disciplines.

recherche. Le nombre de publications réalisé en post-doc n'exerce pas d'effet significativement différent de zéro sur la probabilité et l'introduction de cette variable ne modifie pas les effets marginaux de la localisation du post-doc.

Quelques mots sur les équations introduites pour traiter les phénomènes d'endogénéité et de sélection.

Trois versions différentes de l'équation de sélection qui corrigent le problème d'endogénéité de la décision d'entreprendre un post-doc sont présentées ici. Pour le premier modèle, l'équation de sélection prend en compte un nombre limité de variables relatives à la discipline du doctorat, aux financements de la thèse, à l'orientation des recherches en thèse, au rattachement du labo de thèse et la variable « en couple en fin de thèse ». Dans le modèle 2, l'équation de sélection tient compte, en plus de ces variables, de deux variables relatives à la thèse : la mention obtenue (félicitations du jury ou non) et le nombre de publications réalisées en thèse ou directement à partir des résultats de la thèse. L'équation de sélection du modèle 3 ajoute enfin des variables de carrière envisagée au début du doctorat (souhaitait une carrière académique). A chacune des équations de sélection correspond un vecteur de variables explicatives différents pour l'équation 1 qui modélise la probabilité d'être MCF ou CR. Nous avons fait le choix de ne présenter « que » trois modèles différents par manque de place – mais des dizaines de modèles différents ont été estimés – tout en voulant illustrer la grande flexibilité des configurations des équations qui ont été estimées. Dans chacune des trois équations de sélection, le signe et la significativité des coefficients sont conformes aux estimations réalisées sur la probabilité d'effectuer un post-doc ; on retrouve les grands résultats : les docteurs en sciences de la vie ainsi que les docteurs à thèse fondamentale ont une plus forte probabilité d'entreprendre un post-doc... Les effets marginaux estimés pour l'équation 1 varient relativement peu pour les variables principales expliquant la probabilité d'accéder aux fonctions d'enseignants-chercheurs ou de chercheurs ; les estimations semblent donc relativement robustes malgré l'utilisation d'équations de sélection différentes les unes des autres.

Les modèles qui corrigent pour la sélection – le fait d'être toujours en post-doc au moment de l'enquête – offrent également des estimations plutôt robustes. Les trois modèles présentés le sont avec deux équations de sélection différentes : la première est une version de base ne tenant compte que de la discipline, de l'orientation des recherches en thèse et du laboratoire de rattachement alors que la seconde tient compte en outre du nombre de publications en thèse, de la mention obtenue, du statut familial en fin de thèse et de la carrière envisagée au début du doctorat. Les effets marginaux des variables essentielles de l'équation 1 demeurent relativement similaires en dépit de la différence entre les vecteurs de variables exogènes et des différences importantes entre les deux équations de sélection.

Tableau 6 : probabilité d'être MCF ou CR, correction pour endogénéité (%)

	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Modèle 4	
	Eq. 1	Eq. 2						
Sexe féminin	-22,2*** (7,2)		-24,1*** (7,2)		-23,4*** (7,2)		-24,6*** (7,2)	
Docteur-ingénieur	13,0* (7,8)		15,2* (8,0)		15,4** (7,8)		12,6 (8,1)	
Thèse fondamentale	30,9*** (7,6)	0,378** (0,154)	31,2*** (7,4)	0,286* (0,156)	30,7*** (7,3)	0,243 (0,160)	32,5*** (7,6)	0,284* (0,156)
Allocataire	17,3* (8,9)		14,0* (7,6)		13,0* (7,7)		13,2* (7,6)	
MENRT								
Moniteur	40,7*** (11,0)	-0,333* (0,196)	34,9*** (9,1)	-0,531** (0,213)	33,2*** (9,3)	-0,59*** (0,212)	34,0*** (9,0)	-0,53*** (0,213)
Chargé de cours, TD, TP	16,7* (9,9)		10,4 (9,4)		9,9 (9,3)		10,1 (9,4)	
Bourse d'un orga. public		-0,66*** (0,208)		-0,73*** (0,213)		-0,66*** (0,227)		-0,73*** (0,213)
Cifre		-1,27*** (0,299)		-1,26*** (0,306)		-1,17*** (0,313)		-1,26*** (0,305)
UMR	10,2 (9,6)		11,7 (9,0)		11,5 (8,9)		11,9 (9,0)	
URA	-6,4 (11,6)		-2,3 (10,5)		-2,3 (10,4)		-1,7 (10,5)	
Universitaire	-0,2 (17,4)	-0,362 (0,316)	2,0 (16,7)	-0,382 (0,342)	1,8 (16,2)	-0,342 (0,349)	4,6 (16,7)	-0,379 (0,342)
CEA	20,6* (12,3)		19,1 (11,7)		18,4 (11,6)		19,3 (11,8)	
INRA	31,7* (18,6)		32,7* (17,8)		31,9* (17,4)		31,7* (17,6)	
INSERM	2,7 (17,2)		3,5 (16,3)		3,2 (16,1)		2,9 (16,4)	
UPR		0,725*** (0,219)		0,674*** (0,219)		0,674*** (0,221)		0,672*** (0,219)
Nombre de conférences	3,7*** (1,4)		3,4*** (1,3)		3,3*** (1,3)		3,2** (1,3)	
Félicitations du jury	6,2 (7,1)		5,4 (7,0)	0,625*** (0,160)	5,8 (6,9)	0,659*** (0,162)	3,7 (6,9)	0,625*** (0,159)
Nombre de publi en thèse				0,104*** (0,036)		0,096*** (0,037)		0,104*** (0,036)
Thèse > 40 mois							-12,7* (7,2)	
En couple fin de thèse		-0,365** (0,163)		-0,215 (0,166)		-0,161 (0,170)	0,4 (0,8)	-0,213 (0,166)
Voulait carrière académique						0,379** (0,176)		
Post-doc	-17,9 (26,9)							
Post-doc, meme labo			23,9** (12,1)		26,0** (11,8)		23,9* (12,2)	
Post-doc en France			6,1 (11,8)		8,1 (11,4)		9,2 (11,8)	
Post-doc aux USA			-0,2 (11,3)		1,9 (11,0)		1,8 (11,1)	
Nombre de publi en post-doc					0,6 (1,7)			
Rho	0,42 (0,37)		0,10 (0,15)		0,27 (0,17)		0,08 (0,151)	
ln L	-420,1		-401,9		-399,1		-399,9	
N	384		384		384		384	

Source : enquête Irédu 2001. Estimation ML de modèles probit bivariés. Equation 1 : effets marginaux en % sur la probabilité d'être MCF ou CR. Equation 2 : coefficients estimés pour la probabilité d'avoir effectué un post-doc. * significatif à 10%, ** significatif à 5%, *** significatif à 1%.

Tableau 7 : probabilité d'être MCF ou CR, correction pour sélection (%).

	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3	
	Probabilité	Sélection	Probabilité	Sélection	Probabilité	Sélection
Femme	-22,6*** (5,7)		-22,5*** (6,5)		-22,8*** (5,5)	
Docteur-ingénieur	16,2** (6,4)		16,6** (7,3)		13,7** (6,6)	
Thèse fondamentale	25,5*** (5,9)	-0,464*** (0,156)	30,3*** (6,7)	-0,412** (0,167)	27,6*** (6,2)	-0,392** (0,165)
Allocataire	7,7 (6,0)		10,6 (7,1)		5,8 (6,1)	
Allocataire-moniteur	25,9*** (7,1)	0,542*** (0,201)	30,2*** (8,2)	0,545*** (0,209)	24,1*** (7,0)	0,564*** (0,196)
Chargé de cours, TD, TP	9,9 (7,2)		12,8 (8,4)		11,0 (7,3)	
Bourse orga. public		0,366 (0,258)		0,323 (0,283)		0,078 (0,292)
Cifre		0,836* (0,435)		0,594 (0,438)		0,279 (0,444)
UMR	6,9 (7,6)		10,6 (8,4)		8,2 (7,5)	
URA	-4,2 (9,2)		-3,6 (10,1)		-2,1 (9,0)	
Universitaire	-0,9 (13,9)	-0,382 (0,302)	0,9 (15,2)	-0,376 (0,300)	7,3 (13,9)	-0,550* (0,313)
CEA	9,7 (10,0)		17,8 (11,3)		13,0 (10,1)	
INRA	17,6 (12,3)		25,2* (14,9)		22,5* (12,3)	
INSERM	5,3 (10,8)		8,0 (14,0)		5,5 (10,8)	
UPR		-0,144 (0,207)		-0,183 (0,226)		-0,173 (0,214)
Nombre de conf. en thèse	2,7*** (1,1)		3,0** (1,2)		2,7*** (1,0)	
Félicitations du jury	5,4 (5,4)		5,1 (6,1)	0,097 (0,164)	4,0 (5,5)	0,085 (0,157)
Post-doc, meme labo	22,2** (8,9)		26,8** (10,5)		22,1** (9,3)	
Post-doc, autre labo en France	5,1 (8,0)		9,0 (9,9)		4,6 (8,1)	
Post-doc aux USA	5,1 (7,3)		3,3 (8,8)		3,5 (7,5)	
Nb publi. en post-doc			0,9 (1,5)		1,2 (1,3)	
En couple en fin de these				0,249 (0,162)		0,041 (0,148)
Nb de publi en thèse				0,026 (0,027)		0,008 (0,024)
Durée thèse > 40 mois					-12,9** (5,7)	
Voulait carrière académique				-0,856*** (0,238)		-0,903*** (0,228)
Rho	0,987*** (0,219)		0,800 (0,537)		0,997*** (0,131)	
ln L	-414,2		-400,6		-398,9	
N	494		494		494	

Source : enquête Irédu 2001. Estimation ML de modèles probit bivariés avec sélection. Equation 1 : probabilité d'être MCF ou CR (effets marginaux en %). Equation de sélection : probabilité de ne pas être en post-doc au moment de l'enquête (coefficients estimés). * significatif à 10%, ** significatif à 5%, *** significatif à 1%.

4. CONCLUSION

Les ressources humaines allouées à la science et à la technologie sont un des moteurs essentiels de la croissance économique dans des économies fondées sur la connaissance. La mobilité internationale de la main-d'œuvre scientifique et technologique participe à l'internationalisation croissante des processus d'innovation. Nous avons vu que les Etats-Unis demeurent le pôle mondial d'attraction du capital humain scientifique de haut niveau. Les post-doctorants constituent ainsi une main-d'œuvre scientifique à coût relativement faible et dont l'activité scientifique avancée n'est probablement pas sans importance dans les performances scientifiques et technologiques de ce pays. L'étude des post-doctorants français, à l'aide d'une enquête réalisée à l'Irédu en 2001, confirme ce rôle particulièrement attractif des Etats-Unis puisqu'une part non négligeable d'entre eux y a effectué un post-doctorat. Les modalités et les conditions d'emploi des post-doctorants français montrent également les spécificités inhérentes à la réalisation d'un post-doctorat aux USA. Cependant, l'analyse des conséquences du post-doctorat sur la carrière individuelle des jeunes docteurs français indique que le retour migratoire n'a pas nécessairement un effet positif pour ceux ayant effectué un post-doctorat à l'étranger. Bien au contraire, la probabilité d'être maître de conférences ou chargé de recherche au CNRS est significativement plus faible pour les individus ayant effectué un post-doctorat aux Etats-Unis, par rapport aux individus qui sont restés en France pour faire leur post-doctorat, toutes choses égales par ailleurs. Les compétences et les connaissances acquises durant un post-doctorat à l'étranger ne sont donc pas valorisées sur le marché académique français.

BIBLIOGRAPHIE

BEINE M., DOCQUIER F. ET RAPOPORT H. (2001), "Brain Drain and Economic Growth: Theory and Evidence", *Journal of Development Economics*, Vol. 64, No. 1, February, pp. 275-289.

BHAGWATI, J. N. (1985), *Dependence and Interdependence: Essays in Development Economics*, Vol. 2, Oxford : Basil Blackwell.

ENGERMAN S.L. ET JONES R.W. (1997), "International Labor Flows and National Wages", *American Economic Review*, Vol. 87, No. 2, Papers and Proceedings, May, pp. 200-204.

FISCHER P. (1999), *On the Economics of Immobility*. Bern: Paul Haupt.

GOODFRIEND M. ET MCDERMOTT J. (1998), "Industrial Development and the Convergence Question", *American Economic Review*, Vol. 88, No. 5, December, pp. 1277-1289.

ISHIKAWA J. (1996), "Scale Economies in Factor Supplies, International Trade, and Migration", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 29, No. 3, August, pp. 573-594.

- JOHNSON H.G. (1965), "The Economics of the 'Brain Drain' : The Canadian Case", *Minerva*, Vol. 3, No. 3, pp.289-311.
- JONES C.I. (2002), "Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas", *American Economic Review*, Vol. 92, No. 1, March, pp. 220-239.
- MAHROUM S. (1999), "Skilled Labour (Competing for the Highly Skilled: Europe in Perspective)", *Science and Public Policy*, Vol. 26, pp. 17-25.
- MIYAGIWA K. (1991), "Scale Economies in Education and the Brain Drain Problem", *International Economic Review*, Vol. 32, No. 3, August, pp. 743-759.
- MOGUEROU P. (2002a). "Science and Engineering Labour Markets: A Comparison between France and the United States.", *Présentation lors de la European Society for Population Economics Conference (ESPE 2002)*, 12-15 juin, Bilbao, Espagne.
- MOGUEROU P. (2002b), "Diversité des post-doctorats et insertion professionnelle des docteurs", *présentation au Ministère de la Recherche*, Paris, 21 novembre (en ligne : <http://www.u-bourgogne.fr/IREDU/2002/02082.pdf>).
- MOUNTFORD A. (1997), "Can a Brain Drain Be Good for Growth in the Source Economy?", *Journal of Development Economics*, Vol. 53, No. 2, August, pp. 287-303.
- NATIONAL SCIENCE BOARD (2000), *Science and Engineering Indicators*, National Science Foundation.
- OECD (1993), *Measuring Human Resources Devoted to Science and Technology*, OCDE, Paris.
- OECD (1995), *Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T (Camberra manual)*, OCDE, Paris.
- OECD (2002), *International Mobility of the Highly Skilled*, OCDE, Paris.
- PAUL J.-J. (2002, éd.), *Quelle formation pour les docteurs face aux évolutions du marché du travail. Actes du colloque MSU/Trédu*, 28-29 mars, Dijon (en ligne : http://www.u-bourgogne.fr/IREDU/msu2_fichiers/msuactes.pdf).
- RECOTILLET I. (2002), "La place des stages post-doctorats dans les débuts de carrières des diplômés de thèse", *Papier présenté aux Journées de l'AFSE*, 16 et 17 mai, Lyon.
- SEZNEC E. ET MARTIN-ROVET D. (2001), *Etat des lieux 2000 sur la présence des français en science et ingénierie aux Etats-Unis – Les cerveaux, fous d'Amérique ? Pas vraiment...*, Bureau du CNRS à Washington, Washington, Mai.
- TEROUANNE D. (1997), *Présence française en science et ingénierie aux Etats-Unis. Cerveaux en fuite ou en voyage ?*, Bureau du CNRS à Washington, Novembre.
- VIDAL J.-P. (1998), "The Effect of Emigration on Human Capital Formation", *Journal of Population Economics*, Vol. 11, No. 4, December, pp. 589-600.