

# La production de brevets par les chercheurs et enseignants-chercheurs. Le cas de l'université Louis Pasteur

Nicolas Carayol<sup>(\*)</sup>

*Les universités et les autres institutions publiques de recherche ne sont plus seulement vues comme des contributeurs nets au stock de connaissances fondamentales mais également, de plus en plus, comme des contributeurs directs au flux d'inventions. Ainsi, dans la dernière décennie, le surplus de croissance qu'ont connu les États-Unis (comparativement à l'Europe) pourrait en partie être dû à la capacité de leurs universités à générer des inventions et à les transférer vers l'industrie. En France, la mise en place de services de transfert de technologie efficaces au sein des universités et instituts de recherche constitue encore un enjeu important de politique publique. Or, pour qu'un tel transfert soit un succès, il requiert l'implication à différents stades des chercheurs et enseignants-chercheurs qui sont, dans une large mesure, autonomes dans l'allocation de leur temps entre leurs différents projets de recherche et les missions de transfert vers les entreprises. Une meilleure connaissance et compréhension de leurs comportements d'invention de brevets, qui restent cependant mal connus, constituent un objectif de premier plan aux yeux des autorités publiques et une question d'intérêt pour l'économiste.*

*Dans cette perspective, cet article se propose d'éclairer les déterminants de l'invention de brevets par plus de 900 chercheurs et enseignants-chercheurs membres des laboratoires affiliés à l'université Louis Pasteur de Strasbourg (ULP), classée notamment première université de recherche française en termes d'impact par le European Report on Science and Technology (2003). Alors que la plupart des études empiriques sur les brevets académiques se concentrent sur le niveau de l'université, nous nous intéressons de manière originale au niveau des chercheurs et enseignants-chercheurs pour lesquels nous disposons d'informations précises relatives à leur âge, leur statut et à leurs publications, ainsi que des variables liées à leur laboratoire de recherche. Les premières nous permettent d'explorer la manière dont le régime d'incitation académique affecte la production de brevets. Les secondes nous permettent d'étudier les effets de l'organisation collective de la recherche sur les brevets. On pourrait en effet s'attendre à ce que l'organisation du laboratoire affecte la production de brevets. En particulier, les grands laboratoires sont-ils plus ou moins productifs ? Ou encore, comment la structure de financement du laboratoire affecte-t-elle la production de brevets ?*

*La méthodologie employée consiste en un modèle de type Zero-Inflated Negative Binomial qui permet de prendre en compte la nature non-linéaire, rare et discrète du processus de production de brevets. Ce modèle comporte deux parties : la partie relative au modèle négatif binomial qui rend compte du nombre de brevets inventés quand l'individu est dans un régime de recherche*

(\*) ADIS, Université Paris-Sud, Faculté Jean Monnet et BETA (UMR CNRS 7522), Université Louis Pasteur.  
E-mail: carayol@cournot.u-strasbg.fr

L'auteur tient à remercier les chercheurs du BETA qui ont directement participé au patient travail de collecte et de nettoyage de données qui a permis la réalisation de ce travail, les instances de direction de l'Université Louis Pasteur, ses services administratifs, le bureau de l'INPI à Strasbourg, ULP-Industrie ainsi que le service des liaisons industrielles du CNRS en région Alsace. Ce travail a aussi bénéficié d'interactions avec de nombreux collègues : merci à P. Roux, F. Laisney, A. Geuna, P. Stephan, P. David, J. Mairesse, D. Foray, aux deux rapporteurs anonymes de la revue ainsi qu'aux participants aux Journées de l'AFSE (Rennes, 18 et 19 mai 2004).

*brevetable et celle relative à l'inflation des zéros (Logit), qui explique la probabilité de ne pas être dans ce régime.*

*Nos résultats mettent tout d'abord en évidence que les chercheurs plus âgés, et par conséquent plus proches de la fin de carrière, ont une plus forte propension à breveter. Nous expliquons et discutons ce résultat. Nous trouvons ensuite que le statut professionnel de chercheur à plein-temps, qui permet une implication plus élevée dans la recherche, augmente très sensiblement l'activité d'invention. Ensuite, les publications et les inventions de brevets sont positivement et significativement corrélées. Toutefois, lorsque l'on considère le facteur d'impact moyen des articles publiés qui capture une partie des effets des aptitudes individuelles inobservées, les effets deviennent plus ambigus, semblant indiquer que les chercheurs aux plus grandes aptitudes tendent à être impliqués dans une activité de production de brevets mais dans une ampleur mesurée. Relativement aux effets associés aux laboratoires des chercheurs et enseignants-chercheurs, la taille du laboratoire n'a pas d'effet significatif sur la production de brevets. Enfin, nous observons que les financements de sources privées jouent positivement sur la propension à inventer.*

*Les limites de notre étude tiennent essentiellement à l'absence de contrôle des aptitudes individuelles inobservées. Or, si les activités de publication et d'invention sont directement affectées par les capacités propres des individus, nos résultats traduiraient le fait que les chercheurs les plus talentueux et créatifs qui sont les plus actifs dans l'activité de publication ont aussi une plus forte propension à la génération de brevets. Notre étude ne nous permet pas d'affirmer qu'à caractéristiques individuelles données, les efforts à la publication augmentent ou diminuent la probabilité d'inventer un brevet. Il reste encore à proposer un modèle plus complexe qui permettrait de prendre en compte, au-delà du caractère discret et rare de la production de brevets académiques, les effets fixes et les différents biais de simultanéité.*

Les universités et les autres institutions publiques de recherche ne sont plus seulement vues comme des contributeurs nets au stock de connaissances fondamentales mais également, et de plus en plus, comme des contributeurs directs au flux d'inventions. Dans la dernière décennie, il a été avancé que le surplus de croissance qu'ont connu les États-Unis (comparativement à l'Europe) pourrait en partie être dû à la capacité de leurs universités à générer des inventions et à les transférer vers l'industrie. En témoigne le fort accroissement de dépôt de brevets par les universités (Henderson *et alii*, 1998 ; Mowery et Ziedonis, 2002) qui est passé d'environ 250-350 brevets par an dans les années 1970 à plus de 3200 brevets en 2001 (NSB, 2004). Dans le même temps, la capacité des universités américaines à s'engager de manière crédible dans une telle mission a certainement facilité leur accès aux financements publics, notamment en provenance des États locaux (NSB, 2004).

La mise en place de services de transfert de technologie efficaces au sein des universités et instituts de recherche constitue dès lors un enjeu important de politique publique. Toutefois, pour qu'un tel transfert soit un succès, il requiert l'implication, à différents stades, des chercheurs et enseignants-chercheurs (Jensen et Thursby, 2004). Or ceux-ci sont dans une large mesure autonomes dans l'allocation de leur temps entre leurs différents projets de recherche et les missions de transfert vers les entreprises. Aussi, mieux comprendre les comportements d'invention de brevets par les chercheurs et enseignants-chercheurs devient une question de plus en plus importante aux yeux des autorités publiques et des économistes.

Cet article constitue une contribution directe à cet axe de recherche. Nous étudions les déterminants de l'invention de brevets sur la période 1995-2000 par plus de 900 chercheurs académiques de l'université Louis Pasteur de Strasbourg (ULP), classée première université de recherche française en termes d'impact par le *European Report on Science and Technology* (2003) et troisième université française par le classement de Shanghai. Alors que la plupart des études empiriques sur les brevets académiques se concentrent sur le niveau de l'université (Foltz *et alii*, 2000, 2003 ; Carlsson et Fridh, 2002 ; Coupé, 2003 ; Payne et Siow, 2003), seules quelques-unes se sont intéressées au niveau individuel. Parmi celles-ci, Agrawal et Henderson (2002) analysent la relation entre publications et brevets produits par les chercheurs du MIT. Stephan *et alii* (2007) proposent une étude de la production de brevets basée sur une enquête auprès des détenteurs d'un doctorat aux États-Unis. Breschi *et alii* (2005) examinent les profils des inventeurs académiques italiens. Thursby et Thursby (2007) présentent une étude exploratoire

de la divulgation d'inventions par les chercheurs de six universités américaines. Même si elle ne présente pas d'analyse économétrique, il faut aussi mentionner l'étude de Wallmark (1997) dédiée aux profils des inventeurs de l'Université Chalmers. Enfin, Lach et Schankerman (2003), même s'ils utilisent des données au niveau de l'université, présentent un modèle théorique qui permet de discuter de l'effet des parts de royalties allouées aux chercheurs sur les revenus de licence de l'université.

Nos données nous permettent également d'explorer la manière dont le régime d'incitation académique affecte la production de brevets (décrit dans Dasgupta et David, 1994 ; Stephan, 1996 ; Diamond, 1996). Il s'agit là de la seconde originalité de cette étude. Nous cherchons ainsi à savoir si les facteurs traditionnels de la production d'articles sont aussi ceux de la production de brevets et si la première influence la seconde. Une attention particulière est aussi accordée aux effets de l'organisation collective de la recherche sur les brevets. À cet égard, Turner et Mairesse (2006) et Carayol et Matt (2004, 2006) ont montré l'importance des déterminants liés au laboratoire sur les comportements de publications des chercheurs académiques. On peut alors s'attendre à ce que l'organisation du laboratoire affecte la production de brevets. En particulier, les grands laboratoires sont-ils plus ou moins productifs ? Ou encore, comment la structure de financement du laboratoire affecte-t-elle la production de brevets ? Les réponses à ces questions devraient permettre de mieux apprécier la mesure avec laquelle la production de brevets s'insère dans l'activité de recherche traditionnelle et de mettre en évidence les éventuels dangers soulignés par la littérature liés aux transferts de technologies : désincitations à l'allocation du temps sur la recherche publique et à la divulgation des connaissances, diminution de la qualité de la recherche, notamment (cf. Dasgupta et David, 1994 ; Blumenthal *et alii*, 1997 ; Cohen *et alii*, 1998).

Cet article s'organise de la manière suivante. La première partie détaille le système de récompenses de la "Science Ouverte" et ses implications afin de mieux comprendre les incitations à l'œuvre dans la sphère académique. La deuxième partie analyse les effets attendus des incitations académiques et de l'organisation de la recherche sur la production de brevets dans le contexte du système français de recherche. Les données sont présentées dans la troisième partie. La quatrième partie introduit le modèle économétrique simple expliquant la production de brevets par les chercheurs et les enseignants-chercheurs et la méthode d'estimation. La cinquième partie présente les résultats obtenus qui seront ensuite discutés plus avant dans la conclusion.

---

## Le système de récompense de la “Science Ouverte”

---

Avant d’analyser plus précisément les comportements attendus d’invention de brevets par les chercheurs académiques, nous présentons, dans cette partie, une synthèse de l’analyse économique du régime d’incitations à l’œuvre dans la sphère académique. Cette analyse s’est principalement développée à partir des contributions initiales de R.K. Merton, fondateur de la Sociologie des Sciences. Le fonctionnement de l’institution académique, qu’il qualifie de Science Ouverte, repose, selon lui, sur quatre “impératifs institutionnels” que sont “l’universalisme, le communisme, le désintéressement et le scepticisme organisé” (Merton, 1942). Ces normes génèrent un ensemble de règles effectives qui fondent un système de récompenses spécifiques pour lequel la règle de priorité est essentielle (Merton, 1957). Le mécanisme d’incitation en jeu peut être esquissé de la manière suivante. La validité et la nouveauté des connaissances produites sont établies collectivement par des procédures d’évaluation par les pairs. L’attribution des récompenses est basée sur l’identification au sein de la communauté de la “propriété morale” de leurs auteurs sur des connaissances produites laquelle augmente leur réputation (“credit”). La réputation scientifique se transforme à son tour en salaires accrus, obtention de postes universitaires plus prestigieux et autres récompenses non monétaires. Les incitations académiques sont générées par la compétition entre chercheurs pour le “crédit” auquel les récompenses monétaires et non-monétaires sont associées.

Selon Dasgupta et David (1994), le fonctionnement de la Science Ouverte s’articule autour de deux propriétés économiques fondamentales et originales. Tout d’abord, il réduit les problèmes liés aux asymétries d’information auxquelles sont confrontées les institutions externes afin de conduire toutes les procédures d’évaluation (visant par exemple l’appréciation de la véracité des connaissances produites, la gestion des carrières et des promotions ou encore l’attribution des financements). Les scientifiques sont certainement les plus aptes à effectuer les opérations d’évaluation dans le cadre des procédures d’évaluation par les pairs. Deuxièmement, dès lors que l’attribution des récompenses est conditionnée à l’action même de révélation des connaissances (augmentation de réputation ou de crédit), le système de récompense crée ainsi des incitations simultanées tant pour la création de connaissances que pour leur divulgation et leur dissémination la plus large et rapide possible dans la communauté. Ce mode de production de connaissances dispose ainsi des propriétés d’efficacité très intéressantes (Arrow, 1987), voire même constitue une solution de premier rang

relativement au problème d’appropriabilité (Dasgupta et David, 1994), dès lors qu’il résout le dilemme entre les incitations à la création de connaissances et les incitations à la révélation des connaissances<sup>(1)</sup> (Stephan, 1996).

Un tel système de récompense basé sur la réputation a deux implications importantes sur les incitations. Tout d’abord, les retours individuels aux efforts de recherche seront décalés dans le temps et s’étendent sur le reste du cycle de vie jusqu’à la fin de la carrière. Ainsi, ces retours attendus diminuent logiquement avec la période d’activité restante. Aussi, une diminution de la production individuelle de recherche sur le cycle de vie est-elle attendue. Diamond (1986) a observé qu’une telle diminution est intervenue dans les profils de publication des mathématiciens de l’Université de Berkeley. Levin et Stephan (1991) ont suggéré, dans une approche en termes de capital humain, l’existence d’un argument dit “puzzle solving” dans la fonction objectif des chercheurs. Selon cette hypothèse, les chercheurs et enseignants-chercheurs valorisent non seulement le salaire mais aussi la production scientifique elle-même. Dans ce cadre, la théorie prévoit une distribution de forme U-inversé de la productivité scientifique sur le cycle de vie. Les études empiriques de Weiss et Lillard (1982) et Levin et Stephan (1991) ont montré que dans la plupart des domaines scientifiques, la production scientifique a tendance à augmenter dans la première partie de la carrière, à atteindre un maximum puis à diminuer. Le maximum est souvent atteint entre 35 et 50 ans selon le champ considéré. Olster et Hammermesh (1998) ont observé un tel pic dans la productivité des économistes ayant obtenu leur doctorat dans les institutions américaines d’enseignement supérieur et de recherche.

Ensuite, le mode de récompense académique basé sur la réputation a pour deuxième conséquence de concentrer l’attention et les ressources sur les chercheurs qui sont déjà les plus réputés. Dès lors, les profils de productivité des agents ont tendance à se différencier dans le temps en raison de l’existence d’avantages cumulatifs dans la science<sup>(2)</sup>. Cette dernière est soutenue par les analyses en série temporelles de Allison *et alii* (1982) qui ont trouvé une dispersion de production scientifique qui augmente dans le temps (tant en nombre de publications qu’en nombre de citations reçues dans une fenêtre mobile de cinq ans) entre des scientifiques appartenant aux mêmes cohortes dans plusieurs champs disciplinaires (Physique, Chimie et Mathématiques). Une corrélation forte entre la productivité de début et de fin de carrière des économistes (quand on considère la qualité de la production scientifique) a aussi été mise en évidence par Olster et Hamermesh (1998). Puisque la réputation sur le marché du travail universitaire est basée essentiellement sur les profils de publication, les enseignants-chercheurs, particulièrement au

début de leur carrière, désirent accroître le temps consacré à la recherche et réduire celui passé à enseigner. La part de temps consacré à chacune des deux activités peut être fixée dans le statut ou négociée au moment de l'embauche ou de promotions internes. Les universitaires qui ont les meilleurs profils de publication vont plus probablement obtenir des positions académiques sans charges d'enseignement (postes de recherche à plein temps) et auront ainsi une productivité de recherche encore plus grande et en conséquence une carrière plus favorable.

Certains auteurs ont aussi souligné l'importance de la réputation/qualité de l'environnement de recherche (des universités, des départements ou des laboratoires) sur la productivité individuelle et sur la carrière universitaire. Le mécanisme repose ici sur le fait que des institutions les plus prestigieuses sont probablement dotées de l'équipement et de l'instrumentation que de moins prestigieuses ne peuvent pas obtenir (Stephan, 1996). En outre, la réputation de l'institution peut agir comme un signal des aptitudes des chercheurs, facilitant l'obtention des financements de recherche et la diffusion des résultats dans la communauté scientifique (Cole, 1970). Hansen *et alii* (1978) ont montré que la qualité de l'université est une variable critique pour expliquer la production future. Long (1978) a constaté que dans les cas de mobilité professionnelle, les niveaux de publication ne sont pas immédiatement influencés par le prestige du nouveau département. En effet, ce n'est qu'après la troisième année après la mobilité que la productivité des chercheurs se rapproche du niveau du nouveau département et devient sans rapport avec la productivité du précédent<sup>(3)</sup>. Une explication en termes de sélection dont le sens de la causalité est inversé peut aussi être avancée. Puisqu'il existe des externalités positives au sein des départements de recherche, les meilleurs scientifiques désirent rejoindre des équipes de recherche composées des meilleurs scientifiques, ces derniers eux aussi sélectionnant préférentiellement les meilleurs candidats afin de maintenir la qualité du département.

---

## La production académique de brevet

---

Si l'on considère les brevets d'invention comme un autre résultat de recherche universitaire, leur production peut, elle aussi, être sensible aux mêmes facteurs que les publications. Néanmoins, plusieurs arguments penchent en faveur d'un régime d'incitation différent : *i*) la recherche qui mène à une haute productivité en termes de publication n'est pas toujours celle qui mène à des brevets d'invention ; *ii*) la récompense réputationnelle associée aux brevets pourrait être très différente puisque ces derniers ne seront pas appréciés de la même manière par la communauté scientifique et auront ainsi des effets différents sur la carrière universitaire ; *iii*) les brevets peuvent générer un retour monétaire direct en termes de parts sur les royalties issues des licences sur les concessions des brevets<sup>(4)</sup> ; *iv*) l'organisation collective et la structure de financement qui stimulent la créativité en matière de recherche scientifique ne sont pas nécessairement celles qui conviennent le mieux pour générer une forte productivité en matière de brevets.

Ces différents arguments sont examinés dans ce qui suit. Nous discutons dans un premier temps des facteurs individuels (âge, statut, publications) de la production de brevets et, dans un second temps, des facteurs liés à l'organisation en laboratoires (taille du laboratoire et structure de financement).

### **Incitations académiques, comportements individuels et production de brevets**

La première question est relative aux effets de l'âge. Wallmark (1997) a observé un maximum dans la production de brevets autour de 30-35 ans pour les chercheurs de l'Université Chalmers. Ce constat partiel (au sens où l'auteur ne contrôle pas les autres effets) semble suggérer que la courbe de production de brevets sur le cycle de vie devrait avoir une forme identique à celle observée pour la production d'articles discutée dans la partie précédente. Toutefois, plusieurs arguments plaident en faveur du phénomène inverse qui verrait les chercheurs les plus âgés breveter davantage. Tout d'abord, rappelons que, parce que le système de récompense académique basé sur la réputation tend à produire des avantages cumulatifs, les chercheurs ont des incitations très fortes à la publication en début de carrière. Dès lors, si les brevets ne sont pas des produits-joints de la production d'articles et/ou s'ils ne sont pas perçus comme un signal d'excellence scientifique par la communauté, les jeunes

chercheurs pourraient ne pas considérer la production de brevets comme un objectif pertinent et se concentrer alors sur la production d'articles. Ensuite, les chercheurs plus âgés pourraient avoir une propension plus élevée à breveter s'ils valorisent plus la mise en application de leurs recherches (répondant ainsi plus à des motivations intrinsèques qu'à des incitations extrinsèques). Enfin, parce que les retours privés des inventions peuvent s'étendre au-delà de la fin de la période d'activité, contrairement à ceux des publications scientifiques, les chercheurs les plus âgés ont des incitations préservées à breveter alors que les incitations à publier décroissent fortement dans la fin de carrière.

Dans ce sens, Stephan *et alii* (2007), dans leur étude portant sur l'édition 1995 d'une enquête sur les détenteurs d'un doctorat aux USA (laquelle comprenait une question relative aux brevets), ont montré que le nombre des brevets d'invention augmente avec le nombre d'années depuis la soutenance de la thèse. Néanmoins, Thursby et Thursby (2007) semblent obtenir un résultat opposé sur la génération de déclarations d'inventions<sup>(5)</sup> par les enseignants-chercheurs employés par six universités américaines. Afin d'éclairer cette contradiction, nous pourrions invoquer l'absence de contrôle d'un effet potentiel de cohorte dans l'étude de Stephan *et alii* réalisée sur des données en coupe. Cependant, nous ne pouvons pas trouver d'intuition pour un tel effet de cohorte qui supposerait que les individus des cohortes les plus anciennes seraient plus sensibles à l'invention de brevets alors que l'on craint précisément habituellement que les chercheurs des cohortes les plus jeunes ne s'émancipent trop des normes traditionnelles de la science ouverte (Dasgupta et David, 1994).

Considérons les effets possibles du statut professionnel. En France, les permanents peuvent occuper deux types de postes : soit des postes universitaires impliquant des obligations fixes d'enseignement et de recherche, soit des postes de recherche à plein temps. Les premiers sont affectés aux universités alors que les seconds sont employés par les grandes organisations de recherche publiques nationales comme le CNRS ou l'Inserm<sup>(6)</sup>. Là encore, les effets escomptés du statut sont ambigus. D'un côté, nous pourrions nous attendre à ce que les chercheurs à plein-temps brevettent plus simplement parce que ces postes offrent plus de temps disponible pour la recherche. D'un autre côté, il faut considérer que ces derniers peuvent être évalués plus directement sur leur production en matière de recherche très fondamentale et donc sur leur production d'articles dans les meilleures revues. Ainsi, ils pourraient être moins enclins à allouer du temps à la production de brevets, laquelle pourrait en outre constituer un signal négatif d'engagement dans la recherche fondamentale. Par ailleurs, les enseignants-chercheurs qui ont aussi des charges d'enseignement pourraient être plus désireux

d'établir des connexions avec l'industrie afin d'augmenter les perspectives de débouchés de leurs étudiants (Stephan, 2001). Ainsi, les enseignants-chercheurs sont-ils plus probablement enclins à s'engager dans la recherche appliquée et à produire des brevets.

Pour les deux types de postes, une promotion importante peut intervenir en cours de carrière (de maître de conférences à professeur et de chargé de recherches à directeur de recherches). En France, de telles promotions ne sont pas liées à la question de l'obtention de la garantie de l'emploi (la « tenure ») puisque les maîtres de conférences et les chargés de recherche sont titulaires dès le début de leur carrière. Néanmoins, la promotion implique une augmentation significative des salaires et du statut professionnel dans la sphère académique. Ces promotions sont en général obtenues sur la base des performances scientifiques passées dans le cadre de procédures incluant une évaluation par les pairs. Aussi, les individus ont-ils des incitations importantes à concentrer leurs efforts sur des objectifs très académiques (publier) avant la promotion puis sont plus susceptibles de les relâcher une fois la promotion acquise. Stephan *et alii* (2007) ont trouvé un effet négatif de l'obtention de la « tenure » sur la production de brevets dans leur étude. Thursby et Thursby (2007) ont obtenu des résultats identiques sur la génération d'inventions.

La production de brevets peut également être affectée par l'activité de publication. Agrawal et Henderson (2002) ont étudié l'activité de recherche d'une population de 236 professeurs employés par deux départements du MIT au cours de l'année 2000 et ayant produit au moins un article ou brevet d'invention durant la période 1983-1997. Les auteurs concluent que « patenting activity does not appear to be significantly depending on publishing activity » (p. 57). Néanmoins, plusieurs arguments plaident pour la non-neutralité de cette variable. D'un côté, il se pourrait que les deux résultent d'une forte implication dans la recherche. Dans ce sens, Stephan *et alii* (2007) soutiennent qu'il est possible « to eat the cake and have it to » en montrant que le nombre d'articles publiés expliquent positivement le nombre de brevets inventés. Thursby et Thursby (2007) obtiennent des résultats semblables pour les divulgations d'inventions. Sur une population de 301 enseignants-chercheurs italiens ayant inventé au moins un brevet, Breschi *et alii* (2005) montrent que la probabilité de breveter est significativement accrue par leur score courant de publication et par une augmentation de leurs publications au cours de l'année précédente. D'un autre côté, il est possible que les chercheurs soient conduits à se spécialiser, soit sur des recherches susceptibles de générer une forte performance en termes de publications, soit sur des recherches plus appliquées susceptibles de générer des brevets. Dans ce cas, générer un brevet a un coût d'opportunité élevé en termes de production

de recherche fondamentale. Afin de véritablement identifier les deux effets opposés, il faudrait contrôler pour les effets fixes individuels, ce qu'aucune des études réalisées jusqu'à présent n'a véritablement réalisé. En effet, les deux variables sont corrélées positivement aux aptitudes individuelles inobservées des chercheurs, si bien que les chercheurs les plus inventifs devraient aussi avoir les meilleurs profils de publication.

Ainsi, il semble bien que la nature de la recherche ait une influence forte sur la production de brevets. Wallmark (1997) a, à cet égard, insisté sur les différences entre disciplines. Il a constaté que les brevets d'invention sont inégalement distribués entre les départements de l'Université Chalmers : le département de génie chimique a environ un brevet par professeur tandis que le département de génie physique n'en a que 0,14 et plusieurs départements n'en ont aucune. La production de brevets devrait donc dépendre fortement du domaine scientifique.

### **Organisation collective et production de brevets**

L'organisation collective de la recherche peut également affecter les performances en matière de production de brevets. En effet, en Europe continentale, et singulièrement en France, la recherche académique est organisée au sein de laboratoires qui constituent des institutions distinctes des facultés (ou des départements) et qui façonnent largement l'organisation de la recherche, à travers la réalisation des recrutements, l'obtention de financements ou encore la structuration des thématiques de recherche. Cette organisation en laboratoires au sein des universités a été analysée de manière détaillée dans Carayol et Matt (2004). Ici, nous nous intéressons aux effets potentiels de l'organisation en laboratoires sur l'invention de brevets des chercheurs et enseignants-chercheurs individuels qui en sont membres.

La première question relative aux effets de l'organisation de la recherche sur la production de brevets est liée à la question des rendements d'échelle. Coupé (2003) a trouvé des rendements d'échelle décroissants lorsque l'université est l'unité d'analyse. A un niveau d'agrégation plus fin, il devient difficile de calculer les rendements d'échelle. Aussi, les résultats obtenus, en ce qui concerne la production d'articles au niveau du laboratoire, se sont-ils contentés de mettre en évidence une relation entre taille du laboratoire approximée par le nombre de chercheurs permanents et production par tête (Bonaccorsi et Daraio, 2003 ; Carayol et Matt, 2006). Ces derniers ont trouvé un impact négatif de la taille sur la performance par tête en matière de publications. Une question identique pour la production de brevets n'a, à notre connaissance, jamais été traitée. Il s'agit de mettre en évidence un conflit potentiel entre la taille optimale du laboratoire pour la production d'articles et sa taille optimale pour la production de brevets.

La deuxième question est liée aux effets des financements des laboratoires sur la production de brevets. La littérature a exploré les effets des financements des universités, en les distinguant selon leurs sources, sur leur propension à générer des brevets. Payne et Siow (2003) ont montré que le financement fédéral des universités US a un impact positif et significatif. Foltz *et alii* (2000) ont trouvé que le financement joint de l'État fédéral et de l'État dans lequel est implantée l'université est aussi positif et significatif, alors que ni le financement industriel ni le financement propre de l'université ne sont significatifs. Dans le cas particulier des brevets de biotechnologies agricoles, les mêmes auteurs constatent que seul le financement interne joue, alors que ni le financement fédéral ni le financement industriel n'ont d'impact significatif. Foltz *et alii* (2003) proposent un modèle dynamique en se limitant aux données de brevets de biotechnologies agricoles. Ils trouvent que l'expérience en matière de brevets joue positivement, tout comme le financement interne et le financement de l'État, tandis que le financement industriel et le financement de l'État fédéral ne sont pas significatifs.

L'obtention de ces résultats contradictoires pourrait tenir au caractère trop agrégé de ces études. En effet, comme le soulignent Crow et Bozeman (1987), la nature de la production scientifique est fortement influencée par la structure de financement du laboratoire. Par exemple, Carayol (2003) montre, dans une étude empirique de collaborations de recherche entre laboratoires académiques et entreprises, que la réputation et l'organisation interne du laboratoire sont fortement corrélées à la nature et au montant du financement industriel dont il pourra bénéficier. Cela peut correspondre à une stratégie de recherche de la part du laboratoire qui développe des projets de recherche impliquant des partenariats avec l'industrie. Cette stratégie peut inclure ou plus simplement affecter la production de brevets car les partenaires industriels sont susceptibles d'apporter des problématiques concrètes et, si une découverte prometteuse est réalisée, ils sont en outre susceptibles de financer le dépôt de brevet afin d'en obtenir la propriété (ou une propriété partagée ou encore l'acquisition d'une licence d'exploitation). Nous nous attendons donc naturellement à ce que le financement industriel des laboratoires universitaires favorise la productivité en matière de brevets de leurs chercheurs.

## Les données

Les données portent sur l'activité de recherche d'une grande université française, l'université Louis Pasteur (ULP) de Strasbourg, disposant d'une tradition ancienne de recherche fondamentale et bénéficiant d'une position à long terme d'excellence scientifique. Cette université est reconnue comme l'une des plus grandes universités françaises en termes de recherche. Le Troisième rapport européen sur les indicateurs de science et de technologie (2003) classe l'ULP première parmi les universités françaises en termes d'impact et 11<sup>ème</sup> parmi les universités européennes. Le classement de Shanghai la place en troisième position au niveau français. Parmi les chercheurs actifs, on compte un lauréat du prix Nobel, onze membres de l'Institut universitaire de France et onze membres de l'Académie des sciences. Les capacités de recherche de l'université sont renforcées par un lien étroit avec le CNRS et l'Inserm. Nous considérons ici l'ULP dans son périmètre élargi, comme site de recherche, c'est-à-dire en incluant tous les personnels permanents des laboratoires mixtes qui lui sont associés. La recherche et l'enseignement couvrent un grand nombre de domaines scientifiques : sciences médicales, mathématiques, informatique, physique, chimie, sciences de la vie, géologie, géophysique, astronomie, sciences de l'ingénieur et sciences sociales.

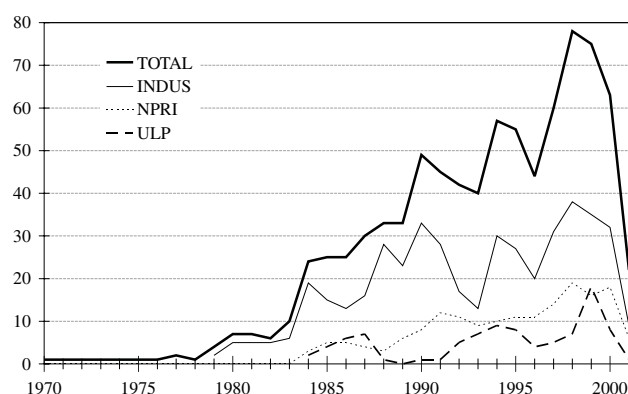
Les informations ont été recueillies à partir des rapports établis en vue de la campagne de contractualisation quadriennale réalisée en 1996 par tous les laboratoires affiliés à l'ULP et désirant obtenir une labellisation ministérielle. Ces rapports nous renseignent sur le nom, le sexe, l'âge et le statut des 1460 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents mentionnés dans ces documents<sup>(7)</sup>. Des documents identiques établis pour la période quadriennale suivante ont été rassemblés et compilés. Ils nous renseignent sur la présence des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents au sein de l'ULP pour l'année 2000. Nous avons exclu de l'échantillon tous les individus qui n'étaient pas dans cette dernière liste afin de s'assurer qu'aucun n'a changé d'université ou n'est parti en retraite sur la période 1995-2000. Nous avons également exclu de notre échantillon tous les chercheurs et enseignants-chercheurs en sciences sociales afin de ne conserver que des personnels des sciences exactes et expérimentales. À la fin de ce processus, notre échantillon compte 913 chercheurs et enseignants-chercheurs.

Les données de brevet proviennent de l'Institut national de la propriété intellectuelle (INPI). Nous avons apparié la liste des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents avec la liste des inventeurs apparaissant sur les demandes de brevets

applicables en France par un dépôt de brevet, soit directement auprès de l'INPI, soit par l'intermédiaire des procédures EPO (European Patent Office) ou WIPO (World Intellectual Property Organization). À l'issue d'un patient travail de collecte et de nettoyage de ces données, nous obtenons 841 demandes inventées entre 1970 et 2000 (période la plus large disponible) par au moins un des individus de notre population initiale.

Cela constitue un premier résultat important de notre étude : la contribution en termes d'invention d'une université française de science telle qu'observée à travers la production de brevets de l'ULP est beaucoup plus importante qu'attendue. Plusieurs raisons peuvent expliquer que la production de brevets des universités françaises est généralement sous-estimée. Tout d'abord, la complexité du système de recherche français dans lequel les unités de recherche sont la plupart du temps associées à plusieurs institutions parentes (et donc souvent à plusieurs offices de transfert de technologie) rend leur évaluation particulièrement difficile. Les données d'enquêtes déclaratives qui sont plus aisément disponibles sont obtenues auprès de services qui n'ont qu'une vision partielle de l'activité d'invention des chercheurs. Enfin, même lorsque les données ne sont pas déclaratives, celles-ci sont obtenues en faisant l'hypothèse que les institutions de recherche figurent le plus souvent parmi les déposants des brevets. Cette hypothèse est incorrecte pour le cas français (ainsi que pour plusieurs pays d'Europe continentale, *confer* Geuna et Nesta, 2006), comme l'indique la figure 1 pour le cas de l'ULP. Celle-ci met en évidence l'arrivée annuelle des brevets inventés par les permanents de l'ULP figurant sur la liste des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents (courbe TOTAL) ainsi que, parmi ces arrivées, celles dont

Figure 1 : séries temporelles pour l'activité d'invention de brevets à l'université Louis Pasteur de Strasbourg



Note : séries pour l'activité d'invention de brevets lorsque l'on considère tous les brevets inventés par les permanents de l'ULP figurant sur la liste des chercheurs et enseignants-chercheurs permanents (TOTAL) ; lorsque l'on considère, parmi les premières, celles dont l'ULP est un des déposants (ULP), celles dont le CNRS ou l'Inserm figurent parmi les déposants sans que l'ULP n'apparaisse (NPRI), et celles qui ne sont pas détenus par les établissements publics de recherche mais sont déposés par des entreprises privées (INDUS).

l'ULP est un des déposants (courbe ULP) et celles pour lesquelles le CNRS ou l'Inserm figurent parmi les déposants sans que l'ULP n'apparaisse (courbe NPRI). Nous pouvons observer qu'une grande partie des brevets inventés par les chercheurs académiques ne sont pas détenus par les établissements publics de recherche, mais sont déposés par des entreprises privées (courbe INDUS).

Cela constitue une originalité vis-à-vis de la situation aux États-Unis à laquelle on se réfère souvent. En France, les universités et les organismes avaient la possibilité de prendre la propriété intellectuelle des résultats issus des recherches financées sur fonds publics (laquelle a été attribuée aux universités US par le Bayh-Dole Act en 1980). Néanmoins, les acteurs académiques considéraient que la prise de brevets était en dehors de leur mission. La pratique était la suivante : les contrats de recherche établis avec des entreprises privées spécifiaient le plus souvent que les droits de propriété sur les inventions issues des recherches en collaboration seraient laissés à l'entreprise. Dans ce contexte, le bénéfice pour les universitaires résidait essentiellement dans le surcroît de financement et donc de volume de recherche que ces contrats permettaient. La loi de 1999 sur l'innovation a tenté d'inverser cette pratique en instituant comme norme de référence le fait que des institutions universitaires conservent au moins partiellement (à travers la propriété partagée) les droits de propriété intellectuelle sur leurs inventions<sup>(8)</sup>.

Au total, nous obtenons 361 demandes de brevets inventés par au moins un de nos 913 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents ayant une date de priorité dans la période 1995-2000. Parmi ces demandes, nous pouvons identifier des familles de brevets. Une famille se définit comme l'ensemble des demandes (au moins une) faisant référence à une même invention prioritaire (un numéro de priorité unique). Les demandes observées d'une même famille peuvent être intervenues par les procédures française (INPI), européenne (EPO) ou PCT (WIPO). Les 361 demandes correspondent à 187 familles inventées par 109 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents de l'ULP parmi les 913 considérés. Nous obtenons 254 occurrences d'invention (un chercheur  $\times$  une famille). Ce nombre est significativement plus élevé que le nombre de familles de brevet parce que les co-inventions sont fréquentes. En moyenne, il y a 4,15 inventeurs par famille parmi lesquels 1,81 sont des permanents de l'ULP. La variable  $Patent_i$  donne le nombre de familles de brevets intervenues entre 1995 et 2000 dont l'individu  $i$  est l'un des inventeurs. Il s'agit de notre variable expliquée dans l'analyse économétrique présentée dans la partie suivante.

Les informations relatives à la production d'articles de recherche publiés par les chercheurs et enseignants-chercheurs ont été obtenues en utilisant

la base de données Science Citation Index. Plus de 26 000 occurrences de publication ULP ont été obtenues (un auteur de l'ULP  $\times$  une publication) pour la période 1993-2000. Ces informations sont appariées avec notre liste limitée de permanents. Ne sont alors retenues que les occurrences correspondant à des articles publiés pendant la période 1995-2000 (pendant la totalité de laquelle nous sommes presque sûrs que ces permanents ont été affiliés à un laboratoire de l'université). La contribution scientifique de chaque chercheur permanent a été calculée de la manière suivante :

$$(1) Perf_i = \sum_{a \in A} 1\{i \text{ auteur de } a\} / n_a$$

avec  $A$  l'ensemble des articles,  $n_a$  le nombre d'auteurs de l'article  $a$  et  $1\{.\}$  la fonction indicatrice qui vaut 1 si la condition entre crochets est vérifiée et 0 sinon. Cette formulation permet de corriger pour la co-publication sachant que la plupart des articles sont écrits en collaboration. En outre, chaque article peut être associé au Facteur d'Impact de la revue dans laquelle il a paru. Cette information, répertoriée dans le Journal Citation Report, nous permet de pondérer les publications par leur qualité. Il s'agit de construire une variable de Facteur d'Impact moyen des publications de chaque individu (pondérées par l'inverse du nombre d'auteurs) de la manière suivante :

$$(2) Impact_i = \left( \sum_{a \in A} IF_{j(a)} \times 1\{i \text{ auteur de } a\} / n_a \right) / \sum_{a \in A} 1\{i \text{ auteur de } a\} / n_a$$

avec  $IF_j$  le facteur d'impact de la revue  $j$  et  $j(a)$  la revue dans laquelle l'article  $a$  a paru.

Enfin, nous disposons des informations relatives aux laboratoires auxquels ces chercheurs et enseignants-chercheurs ont été affiliés. Au total, 67 laboratoires distincts ont été identifiés en 1996 et pour lesquels nous avons une information complète et fiable. Nous sommes ainsi capables d'attacher à chaque scientifique individuel les variables caractérisant leurs laboratoires. Le nombre des chercheurs permanents rend compte de la taille du laboratoire. Les services de transfert de technologie locaux ont accepté de transmettre les informations sur le financement contractuel des laboratoires. Ces financements ont été décomposés en fonction des sources de financement, en distinguant les sources publiques (État, régions, financements européens) des sources privées.

Les définitions des différentes variables sont données dans l'annexe technique. Des statistiques descriptives sur ces variables seront présentées dans le tableau 2.

Nous pouvons remarquer que la distribution des familles de brevets est discrète, très étroite, avec un grand nombre d'observations pour lesquelles la

variable prend la valeur zéro. Puisque cette dernière sera notre variable dépendante, nous devons utiliser une méthodologie économétrique spécifique nous permettant d'expliquer efficacement de tels événements discrets et rares. Celle-ci est présentée dans la partie suivante.

## Modèle et méthodologie

Dans la première section, nous présentons le modèle *Zero-Inflated Negative Binomial* (Lambert, 1992 ; Cameron et Trivedi, 1998 ; Greene, 1994, 2003 ; Winkelmann, 2003), noté dorénavant ZINB, que nous utilisons afin de rendre compte du phénomène d'invention. Le choix de ce modèle est justifié car il permet de prendre en compte la nature non-linéaire, rare et discrète du processus de production de brevets. Il faut noter qu'il ne saisit pas tous les mécanismes décrits ci-dessus<sup>(9)</sup>. La deuxième section est consacrée aux méthodologies d'estimation utilisées.

### Le modèle statistique

Soit le nombre d'inventions brevetées de l'agent  $i$  donné par la variable aléatoire à valeurs entières positives ou nulles  $y_i$  (ou  $Patent_i$ ). Nous retenons l'hypothèse selon laquelle la production de brevets est le résultat de deux processus superposés, de telle manière que  $y_i$  est donné par le produit de deux autres variables aléatoires :

$$(3) y_i = z_i \times y_i^*$$

La variable aléatoire inobservée  $z_i$  indique si la recherche de  $i$  peut donner lieu à une découverte brevetable ou non. C'est une variable dichotomique définie de la manière suivante :

$$(4) z_i = \begin{cases} 1 & \text{si la recherche de } i \text{ peut donner lieu} \\ & \text{à un brevet} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Cette variable aléatoire est déterminée par le vecteur de covariables  $w_i$  et est distribuée selon une fonction de répartition  $F(\cdot)$  :

$$(5) \Pr(z_i = 0 | w_i) = F(\gamma'w_i)$$

Ce modèle qualitatif est habituellement pensé comme s'il y avait une autre variable aléatoire continue inobservée (notée par exemple  $z_i^*$ ) à un certain seuil de laquelle  $z_i$  passe soudainement d'un état à l'autre (de la valeur 1 à la valeur zéro dans notre cas). Pour notre propos, on peut penser cette variable comme représentant le niveau d'engagement dans la réalisation de recherche pouvant donner lieu à des brevets. Quand  $z_i$  est égale à zéro, l'agent  $i$  est dans

un régime de recherche non brevetable alors que quand  $z_i$  est égale à l'unité, l'agent se trouve dans un régime de recherche brevetable. Nous faisons l'hypothèse selon laquelle  $F(\cdot)$  est la distribution *Logit*. Ainsi nous avons :

$$F(\gamma'w_i) = \exp(\gamma'w_i) / (1 + \exp(\gamma'w_i))$$

La variable aléatoire inobservée  $y_i^*$  rend compte du nombre de brevets obtenus lorsque l'agent se situe en régime de recherche brevetable. Nous considérons que l'arrivée des brevets est gouvernée par un processus de Poisson qui a été généralisé de manière à prendre en considération l'hétérogénéité inobservée des agents. Dès lors, le nombre espéré de brevets inventés par un agent qui se situe en régime de recherche brevetable est donné par :

$$(6) E[y_i^*] = \beta'x_i + \varepsilon_i = \ln \lambda_i + \ln u_i$$

avec  $x_i$  le vecteur de variables explicatives et  $\beta$  le vecteur de ses coefficients associés. Le terme  $\varepsilon_i = \ln u_i$  représente les effets individuels inobservés. La distribution de  $y_i^*$  est donnée par la fonction de densité suivante :

$$(7) f(y_i^* | x_i) = \int_0^\infty f(y_i^* | u_i) g(u_i) du_i \\ = \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda_i} (\lambda_i u_i)^{y_i^*}}{y_i^*!} g(u_i) du_i$$

avec  $f(y_i^* | u_i)$  la fonction de densité de  $y_i^*$  sachant  $x_i$  et  $u_i$  (qui est une densité de Poisson) et avec  $g(\cdot)$  la fonction de densité de  $u_i$  qui est habituellement considérée comme étant la fonction Gamma ( $u_i = \exp(\varepsilon_i) \sim G(\theta)$ ) et normalisée de manière à avoir une moyenne égale à l'unité ( $E[u_i] = 1$ ) donnant  $g(u_i) = \frac{\theta^\theta}{\Gamma(\theta)} e^{-\theta u_i} u_i^{\theta-1}$ . L'équation (7) peut alors

être réécrite comme suit :

$$(8) \Pr(y_i^* = j | x_i) = f(j | x_i) \\ = \frac{\Gamma(\theta + j)}{\Gamma(\theta + 1)\Gamma(\theta)} r_i^j (1 - r_i)^\theta$$

où  $r_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_i + \theta}$  ce qui correspond à la distribution

Binomiale Négative. Cette distribution se différencie de la distribution de Poisson laquelle a nécessairement une variance égale à sa moyenne ( $\lambda_i$ ). Ici, nous avons :  $E[y_i^*] = \lambda_i$  et  $\text{var}[y_i^*] / E[y_i^*] = 1 + \frac{1}{\theta} E[y_i^*]$ .

Si nous revenons à la variable dépendante observée  $y_i$ , la probabilité non conditionnelle du nombre de brevets est alors donnée par :

$$\Pr(y_i = j | x_i, w_i) = \Pr(z_i = 0 | w_i) \times (1 - \min\{j, 1\}) + \Pr(z_i = 1 | w_i) \times \Pr(y_i = j | x_i, z_i = 1)$$

avec  $j = 0, 1, 2, \dots$

Sachant que la probabilité du nombre de brevets conditionnellement à  $z_i = 1$  est égale à la probabilité (non conditionnelle) de la variable inobservée  $y_i^*$  :

$\Pr(y_i = j | x_i, z_i = 1) = \Pr(y_i^* = j | x_i) = f(j | x_i)$ , nous pouvons écrire après plusieurs recombinaisons :

$$(9) \Pr(y_i = j | x_i, w_i) = F(\gamma' w_i) (1 - \min\{j, 1\}) - f(j | x_i) + f(j | x_i)$$

Les coefficients  $\beta$  apparaissent dans  $f(j | x_i)$  à travers  $\lambda_i = \exp(\beta' x_i)$ . Cette équation est l'équation de base de notre modèle complet que nous allons estimer. Ce modèle est connu dans la littérature sous le nom de modèle *Zero Inflated Negative Binomial* (ou modèle ZINB). Nous allons aussi estimer un autre modèle qui en est un cas particulier, le modèle *Negative Binomial* (ou NegBin) pour lequel il n'y a pas d'inflation des zéros (c'est-à-dire que  $\forall i, z_i = 1$ ).

### Méthodologie d'estimation et tests

Selon le modèle (9), la log-vraisemblance qui sera maximisée est la suivante :

$$(10) L = \sum_{i \in S} \ln[F(\gamma' w_i) + (1 - F(\gamma' w_i))(1 + \exp(\beta' x_i)/\theta)^{-\theta}] + \sum_{i \in S} [\ln(1 - F(\gamma' w_i)) + \ln \Gamma(\theta + y_i) - \ln \Gamma(y_i + 1) - \ln \Gamma(\theta) - \theta \ln(1 + \exp(\beta' x_i)/\theta) + y_i \ln(1 - (1 + \exp(\beta' x_i)/\theta)^{-1})]$$

avec  $S$  l'ensemble des individus ayant une variable expliquée non nulle ( $y_i > 0, \forall i \in S$ ).

Nous nous proposons de vérifier que l'utilisation de notre modèle complet est pleinement et directement justifiée par les données. Tout d'abord, c'est la nature même de la variable dépendante qui impose l'usage de modèle de comptage. En outre, la distribution de la variable dépendante met en évidence un phénomène de sur-dispersion, indiquant qu'un modèle Poisson simple n'est pas approprié (voir dans le tableau 1 que nous avons en effet pour *Patent*). La sur-dispersion peut être causée par deux phénomènes non exclusifs : l'hétérogénéité individuelle non observée ou une inflation des zéros. À ce stade, le modèle ZIP (Zero Inflated Poisson), le NegBin (Negative Binomial) et le ZINB peuvent être

**Tableau 1 : statistiques descriptives**

Variable	Moyenne	Std. Dev.	Min	Max
<i>Pour tous les chercheurs et enseignants-chercheurs permanents (#913)</i>				
<i>Patent</i>	0,27	1,04	0	11
<i>Âge</i>	45,22	9,08	26	74
<i>Gender</i>	0,23		0	1
<i>CR</i>	0,30		0	1
<i>DR</i>	0,26		0	1
<i>Pr</i>	0,21		0	1
<i>Mc</i>	0,23		0	1
<i>Perf</i>	4,09	4,81	0,01	42,15
<i>Impact</i>	3,20	2,36	0	16,01
<i>Size</i>	37,85	26,94	2	79
<i>Priv.fund..sh</i>	0,39	0,28	0	1
<i>Discipline1</i>	0,05		0	1
<i>Discipline2</i>	0,12		0	1
<i>Discipline3</i>	0,18		0	1
<i>Discipline4</i>	0,07		0	1
<i>Discipline5</i>	0,07		0	1
<i>Discipline6</i>	0,41		0	1
<i>Discipline7</i>	0,09		0	1
<i>Pour les seuls inventeurs (si Patent &gt; 0) (#107)</i>				
<i>Patent</i>	2,29	2,17	1	11
<i>Âge</i>	46,38	8,86	29	65
<i>Gender</i>	0,21		0	1
<i>CR</i>	0,29		0	1
<i>DR</i>	0,41		0	1
<i>Pr</i>	0,18		0	1
<i>Mc</i>	0,12		0	1
<i>Perf</i>	7,46	7,86	0,33	42,15
<i>Impact</i>	4,51	2,75	0,78	12,68
<i>Size</i>	36,57	27,54	5	79
<i>Priv.fund..sh</i>	0,54	0,21	0	1
<i>Discipline1</i>	0,09		0	1
<i>Discipline2</i>	0,05		0	1
<i>Discipline3</i>	0,22		0	1
<i>Discipline4</i>	0,07		0	1
<i>Discipline5</i>	0,00		0	1
<i>Discipline6</i>	0,57		0	1
<i>Discipline7</i>	0,08		0	1

utilisés. Pour toutes les spécifications économétriques retenues, le ZINB a été préféré au ZIP. Le tableau 2 rapporte les tests de vraisemblance de l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a aucun effet individuel inobservé ( $1/\theta = 0$ , ou  $\varepsilon_i = 0$ ). Les résultats indiquent que cette hypothèse nulle a été toujours rejetée. Afin de choisir entre le modèle NegBin et le modèle ZINB, définissons  $h(\cdot)$  la fonction de densité du modèle ZINB (avec  $x_i = w_i$ ) en définissant  $m_i = \ln \frac{h(y_i | x_i)}{f(y_i | x_i)}$  et en rappelant que  $f(\cdot)$

est la fonction de densité du modèle Binomial Négatif exposé dans l'équation (9). Nous pouvons ainsi calculer la statistique de Vuong (Vuong, 1989)

$$\text{comme suit : } z = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n m_i / \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}$$

Calculée sur nos données, la statistique  $z$  est aussi

**Tableau 2 : estimations ZINB de la variable *Patent* qui a 806 observations nulles et 107 observations non nulles**

<i>Patent</i>	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Modèle 4		Model 5	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
<b>Binomiale Négative</b>										
<i>Âge</i>	0,034**	0,015	0,029	0,024	0,029*	0,016	0,024	0,018	0,024	0,017
<i>Gender</i>	-0,493	0,308	-0,639	0,488	-0,116	0,366	-0,191	0,367	-0,264	0,345
<i>CR</i>			2,002***	0,697			1,978***	0,652	1,492*	0,777
<i>DR</i>			2,493***	0,589			2,154***	0,715	1,585*	0,825
<i>Pr</i>			0,0962	0,668			1,158	0,712	0,925	0,735
<i>Perf</i>					0,065***	0,023	0,045**	0,022	0,058**	0,022
<i>Impact</i>					-0,110**	0,053	-0,103*	0,055	-0,149***	0,052
<i>Size</i>									0,003	0,006
<i>Priv.fund.med</i>									2,123***	0,776
<i>Priv.fund.high</i>									2,223***	0,727
<i>Disciplines2_3</i>	-0,979***	0,286	-0,561	0,478	-1,401***	0,399	-1,069**	0,438	-1,132***	0,401
<i>Disciplines4_7</i>	-0,383	0,371	1,439***	0,534	-0,486	0,421	0,806	0,546	0,463	0,581
<i>Disciplines1_5</i>	0,993	1,884	2,292	1,473	-1,079	1,300	0,541	1,373	-0,197	1,287
<i>Constante</i>	-2,358	0,690	-3,565	0,942	-1,005	0,871	-2,667	0,995	-4,107***	1,078
<b>Logit (inflation des zéros)</b>										
<i>Âge</i>	-0,296	0,339	0,024	0,033	0,006	0,022	-0,000	0,026	-0,004	0,027
<i>Gender</i>	-0,689	2,368	-0,359	1,187	0,293	0,488	0,378	0,523	0,227	0,531
<i>CR</i>			1,638	1,398			2,025	1,338	1,356	1,366
<i>DR</i>			1,129	1,506			2,150	1,444	1,378	1,513
<i>Pr</i>			0,141	1,172			1,831	1,364	1,463	1,324
<i>Perf</i>					-0,101**	0,043	-0,131**	0,053	-0,103**	0,047
<i>Impact</i>					-0,420***	0,149	-0,440***	0,148	-0,553***	0,209
<i>Size</i>									0,002	0,009
<i>Priv.fund.med</i>									0,735	1,331
<i>Priv.fund.high</i>									0,294	1,314
<i>Disciplines2_3</i>	2,931	4186,817	0,486	1,042	-0,980	0,619	-0,656	0,620	-1,152*	0,645
<i>Disciplines4_7</i>	15,910	4119,914	2,004	2,020	-0,078	0,552	0,943	0,774	0,299	0,797
<i>Disciplines1_5</i>	25,659	4119,915	5,134	2,526	2,435	1,549	3,629**	1,699	2,366	1,705
<i>Constante</i>	-6,569	4119,934	-2,613	2,605	2,583	1,211	0,932	1,658	1,634	1,747
$\epsilon=1/\theta$	7,840	1,257	2,377	3,015	1,289	0,674	1,210	0,633	0,807	0,440
Likelihood-ratio test of $\epsilon=0$	$\bar{\chi}^2$ (01)	$\text{Pr} \geq \bar{\chi}^2$	$\bar{\chi}^2$ (01)	$\text{Pr} \geq \bar{\chi}^2$	$\bar{\chi}^2$ (01)	$\text{Pr} \geq \bar{\chi}^2$	$\bar{\chi}^2$ (01)	$\text{Pr} \geq \bar{\chi}^2$	$\bar{\chi}^2$ (01)	$\text{Pr} \geq \bar{\chi}^2$
	41,20	0,0000	37,98	0,0000	27,63	0,0000	28,30	0,0000	19,22	0,0000
Vuong test : ZINB vs. NegBin	$z$	$\text{Pr} > z$	$z$	$\text{Pr} > z$	$z$	$\text{Pr} > z$	$z$	$\text{Pr} > z$	$z$	$\text{Pr} > z$
	2,39	0,0084	2,92	0,0018	2,69	0,0035	3,21	0,0007	3,09	0,0010

\*\*\* \*\* et \* indiquent que les coefficients sont statistiquement significatifs aux seuils de 1%, 5% et 10% respectivement. Relativement aux *dummies* des disciplines, les coefficients doivent être comparés avec la première modalité prise par la variable de référence *Discipline1* (Mathématiques). De la même manière pour les statuts et la structure de financement, *Maître de Conférences* et *Priv.fund\_low* constituent les modalités de référence. Les écarts types des coefficients des variables *Size*, *Priv.fund.med*, et *Priv.fund.high* sont corrigées pour tenir compte du fait que plusieurs individus appartiennent aux mêmes laboratoires.

présentée dans le tableau 2. À nouveau, pour toutes les spécifications retenues, le ZINB est préféré au NegBin. Cela légitime, l'usage du modèle donné en (9).

Comme l'indiquent les deuxième et troisième parties, les différentes caractéristiques individuelles ont tendance à être inter-reliées à travers le parcours de carrière. Ainsi, il est probable que différents problèmes de multicollinéarité interviennent dans nos estimations. Afin de mieux en apprécier l'existence potentielle, plusieurs régressions ont été réalisées avec différentes séries de variables explicatives. Ainsi, le Modèle 1 ne prend en considération que les variables d'âge et de genre. Les variables de statut ont été ajoutées dans le Modèle 2,

alors que les variables de publication sont introduites dans le Modèle 3. Dans le Modèle 4, les variables de statut et de publication figurent simultanément. Enfin, dans le Modèle 5, les variables relatives aux laboratoires telles que la taille et le financement sont ajoutées à celles du Modèle 4. Les résultats des estimations sont reportés dans le tableau 2.

En ce qui concerne les variables de publication notamment, il faut souligner qu'elles sont susceptibles d'être fortement corrélées aux aptitudes individuelles non observables. En conséquence, nos inférences ne prétendent pas rendre compte d'effets causaux de l'activité de publication sur la production de brevets. En l'absence d'une approche en données de panel (peu justifiée ici étant donné le peu

d'observations non nulles de notre variable dépendante), nous avons choisi de mesurer séparément le nombre de publications et leur facteur d'impact moyen. En appliquant cette méthode, nous tentons d'isoler la trace d'une intensité de l'activité de recherche (à travers la variable *Perf*) de la qualité de cette recherche appréciée selon les critères de la recherche fondamentale (à travers *Impact*). Nous sommes enclins à penser que la variable *Impact* est fortement corrélée avec les aptitudes individuelles inobservées (sachant que nous contrôlons en outre pour les disciplines scientifiques, lesquelles affectent sensiblement l'impact moyen des articles). Aussi, la variable *Impact* pourra-elle servir de *proxy* pour les aptitudes individuelles inobservées.

Ensuite, un biais de simultanéité pourrait intervenir si les chercheurs arbitrent entre allouer du temps à la production d'articles et à la production de brevets. Deux raisons nous conduisent à penser que ce biais est faible. Tout d'abord, dès lors que la production d'articles reste l'objet essentiel de la carrière académique, celle-ci est susceptible d'être établie lorsque la production de brevets intervient. En outre, si la production de brevets et d'articles est issue d'un arbitrage, celui-ci résulte très probablement d'une spécialisation plus ancienne portant en amont sur le type de recherche réalisée.

Le modèle ZINB comporte deux parties : la partie relative au modèle négatif binomial et celle relative à l'inflation des zéros (Logit). Rappelons que la première rend compte du nombre de brevets inventés quand l'individu est dans régime de recherche brevetable, alors que la partie *Logit* explique la probabilité de ne pas être dans ce régime. Aussi, un coefficient positif dans la partie *logit* du modèle (coefficients  $\gamma$ ) signifie-t-il une chance plus élevée de rester dans le régime de recherche non brevetable et donc de ne pas avoir breveté. Les effets marginaux des cinq modèles sont présentés dans le tableau 3. Ils sont particulièrement utiles car il est possible que les effets des deux parties du modèle ZINB soient opposés (*i.e.* deux coefficients positifs ou deux coefficients négatifs pour une même variable explicative). Les seuils de significativité des effets marginaux ne sont pas présentés car ils sont biaisés. L'inférence sur la significativité des effets marginaux doit plutôt être réalisée en se référant à la significativité des coefficients des modèles correspondants. Si les coefficients d'une variable dans l'une ou dans les deux parties du modèle sont significatifs, les effets marginaux sont considérés comme significatifs. Au contraire, si aucun coefficient n'est significatif, mais que les deux sont « proches », l'effet marginal est aussi significatif (Stephan *et alii*, 2007).

---

## Résultats

---

Nous observons tout d'abord que le genre n'exerce jamais d'influence significative sur la propension à l'invention de brevets. L'effet de l'âge se révèle être plus complexe. Il apparaît favoriser la production de brevets dans le Modèle 1. Comme nous ne disposons pas d'une variable d'expérience (qui pourrait être par exemple la période depuis la soutenance de thèse) et que l'âge et l'expérience sont fortement corrélés, il est en effet probable que les chercheurs plus âgés bénéficient d'un effet d'expérience qui serait plus particulièrement marqué pour la production d'inventions (notamment plus que pour la production d'articles). Ces derniers pourraient en outre valoriser davantage l'invention de brevets plutôt que les publications scientifiques. Une interprétation complémentaire serait qu'en début de carrière, les chercheurs concentrent davantage leurs efforts sur la production de publications, cette dernière conditionnant fortement leurs perspectives de carrière. Néanmoins, les coefficients de l'âge perdent leur significativité quand les variables de statut sont introduites (modèles 2, 4 et 5). Quand les variables de publication sont incluses sans que les variables de statut le soient (Modèle 3), les coefficients de l'âge restent faiblement significatifs. Cela semble indiquer que le statut capte entièrement les effets précédemment attribués à l'âge alors que ce n'est pas le cas pour les publications.

Les effets des différentes variables indicatrices relatives aux statuts (CR pour chargé de recherche, DR pour directeur de recherche et Pr pour professeur) doivent être interprétés en référence au statut de maître de conférences. On observe tout d'abord que les professeurs ne se différencient pas significativement des maîtres de conférences. Cela semblerait indiquer que la production de brevets et l'évolution de la carrière des enseignants-chercheurs ne sont pas liées. En revanche, le statut de chercheur à plein-temps accroît fortement cette production : les chargés de recherche ainsi que les directeurs de recherche ont tendance à inventer plus de brevets. La production de brevets pourrait requérir un fort engagement dans la recherche, plus aisément accessible aux chercheurs à plein-temps qui ne sont pas soumis aux mêmes contraintes d'enseignement que leurs collègues universitaires. Selon une autre explication, les instituts de recherche pourraient être en mesure de recruter, dès le début de leur carrière, des personnels disposant de meilleures aptitudes de recherche. Si les effets marginaux de CR et DR sont très différents dans le Modèle 2, ces différences sont réduites dès lors que les variables de publication sont introduites dans les régressions (cf. les effets marginaux des modèles 4 et 5).

En ce qui concerne les variables de publication, nous trouvons que les coefficients des publications (en

**Tableau 3 : effets marginaux des modèles 1 à 5 du tableau 2 calculés à la moyenne des variables explicatives. Lorsqu'il s'agit de variables indicatrices, les effets marginaux expliquent le changement discret de la valeur 0 à la valeur 1**

Patent	Modèle 1		Modèle 2		Modèle 3		Modèle 4		Modèle 5	
	dy/dx	Std. Err.	dy/dx	Std. Err.	dy/dx	Std. Err.	dy/dx	Std. Err.	dy/dx	Std. Err.
Âge	0,011	0,005	0,003	0,004	0,004	0,002	0,004	0,003	0,003	0,002
Gender	-0,136	0,082	-0,090	0,059	-0,049	0,043	-0,070	0,046	-0,045	0,032
CR			0,250	0,228			0,063	0,129	0,062	0,085
DR			0,684	0,420			0,073	0,152	0,073	0,107
Pr			0,267	0,237			-0,047	0,100	-0,021	0,069
Perf					0,022	0,005	0,023	0,007	0,015	0,004
Impact					0,033	0,015	0,036	0,017	0,027	0,014
Size									0,000	0,001
Priv_fund_med									0,292	0,146
Priv_fund_high									0,342	0,120
Disciplines2_3	-0,262	0,093	-0,170	0,085	-0,094	0,044	-0,089	0,0471	-0,043	0,037
Disciplines4_7	-0,212	100,18	-0,001	0,213	-0,058	0,046	0,011	0,086	0,032	0,062
Disciplines1_5	-0,275	0,035	-0,205	0,072	-0,213	0,033	-0,196	0,039	-0,130	0,033

quantité, *Perf*) sont significatifs dans les deux parties du modèle, que les variables de statut soient introduites ou non. Un fort score de publication augmente la probabilité d'être dans le régime de recherche brevetable et, conditionnellement à cela, il augmente encore la propension à breveter. En revanche, l'impact moyen des publications (*Impact*) joue différemment dans les deux parties du modèle. D'une part, il affecte significativement la probabilité d'être dans le régime de recherche brevetable (des coefficients négatifs et significatifs dans la partie *Logit* des modèles 3 à 5). D'autre part, l'impact moyen affecte négativement le nombre de brevets d'invention inventés dans la partie Binomiale Négative du modèle. Cela signifie que, si les agents ayant un impact moyen plus élevé ont bien tendance à breveter, ils le font dans une quantité moindre. Si nous retenons l'hypothèse selon laquelle l'impact moyen est une *proxy* acceptable pour les aptitudes individuelles inobservables, ce résultat pourrait indiquer que les meilleurs chercheurs ont bien tendance à breveter mais dans une ampleur raisonnable afin notamment de maintenir un engagement suffisant dans la recherche fondamentale. Ce résultat pourrait aussi s'expliquer en avançant que les meilleures recherches permettent de générer des brevets d'invention même si les chercheurs concernés ne consentent pas à allouer des efforts spécifiques nécessaires à la production d'un grand nombre de brevets. Afin de connaître le solde entre les effets opposés de la variable *Impact* intervenant dans les deux parties du modèle, les effets marginaux indiquent un signe positif sans que l'on puisse conclure sur sa significativité.

Si l'on se tourne vers les caractéristiques organisationnelles des laboratoires, on observe que l'effet de la taille du laboratoire n'est pas significatif. En outre, les résultats montrent que la part des

financements de sources privées (provenant principalement de l'industrie) sur le financement contractuel total joue positivement sur la propension à inventer. Plus précisément, le tiers des chercheurs dont les laboratoires ont la plus faible part de leurs financements provenant de sources privées ont tendance à générer moins de brevets. Aussi, il semble que la substitution de financement contractuel public par du financement privé favorise la génération de brevets. Ce résultat est encore plus net quand on considère les effets marginaux : être dans le deuxième « tertile » (comparativement au premier) augmente de 29 % le nombre de brevets d'invention produits. Être dans le « tertile » le plus élevé augmente de 34 % ce nombre. Cependant, la question du sens de la causalité n'est pas totalement tranchée ici puisque les chercheurs qui produisent plus de brevets pourraient aussi plus aisément attirer les financements contractuels privés.

## Conclusion

Dans cet article, nous avons cherché à éclairer les déterminants de l'invention de brevets par des chercheurs et enseignants-chercheurs membres permanents des laboratoires affiliés à l'université Louis Pasteur de Strasbourg, en considérant à la fois leurs caractéristiques individuelles ainsi que les variables liées à leur laboratoire de recherche. Ces dernières nous permettent de discuter de la manière dont les incitations académiques et les caractéristiques organisationnelles de l'activité de recherche affectent la production de brevets.

Nos résultats mettent tout d'abord en évidence que les chercheurs plus âgés, et par conséquent plus proches de la fin de carrière, ont une plus forte

propension à breveter. Plusieurs raisons permettent d'expliquer ce résultat. Tout d'abord, il peut s'agir d'un effet d'expérience. Ensuite, des motivations intrinsèques associées à leur âge peuvent les conduire à valoriser davantage les applications de leurs inventions. Enfin, s'il existe un arbitrage (même partiel) entre publier ou breveter, soit en amont au moment du choix d'agenda de recherche, soit en aval si la réalisation concrète du brevet impose au chercheur d'y consacrer un temps spécifique, il est clair que le coût d'opportunité de la production de brevets est plus faible pour les chercheurs les plus âgés. En effet, alors que les paiements directs associés aux brevets peuvent se prolonger au-delà de la retraite, ce n'est pas le cas des retours espérés des activités de publication. Les chercheurs plus âgés ont ainsi des incitations plus fortes à breveter tandis que les incitations à la publication diminuent brusquement vers la fin de la carrière. Aussi, l'activité d'invention pourrait-elle constituer un outil utile pour maintenir les incitations aux efforts de recherche de chercheurs s'approchant de l'âge de la retraite. Plus tôt dans leur carrière, les chercheurs tendent à concentrer leurs efforts sur les publications pour lesquelles les retours privés se cumulent sur la période d'activité restante et qui seront déterminantes pour l'évolution de leur carrière. Dans ce cas, ils ne seraient enclins à s'engager dans la production de brevets que si celle-ci est un produit-joint de leurs articles.

Il ne s'agit pas de déduire de ces résultats que ces deux activités s'excluent mutuellement. À cet égard, nous trouvons que le statut professionnel de chercheur à plein-temps, qui permet une implication plus élevée dans la recherche, augmente très sensiblement l'activité d'invention. Dans le même sens, nous observons que les publications (qui peuvent rendre compte de l'intensité de l'effort de recherche) et les inventions de brevets sont positivement et significativement corrélées. Toutefois, lorsque l'on considère le facteur d'impact moyen qui peut servir de *proxy* pour les aptitudes inobservées, les effets deviennent plus ambigus, semblant indiquer que les chercheurs aux plus grandes aptitudes tendent à être impliqués dans une activité de production de brevets mais dans une ampleur mesurée.

Au regard des effets associés aux laboratoires d'accueil des chercheurs et enseignants-chercheurs, nous avons observé que la taille du laboratoire n'a pas d'effet significatif sur la production de brevets. Ce résultat doit être comparé avec celui obtenu sur la production d'articles : Carayol et Matt (2006) montrent que la taille du laboratoire influence

négalement la performance en termes de publications. Ce contraste pourrait signifier que la taille optimale du laboratoire pour la production d'article pourrait ne pas correspondre à la taille pertinente pour la génération d'inventions. Ainsi, s'il ne semble pas y avoir de conflit au niveau individuel entre les deux activités, on ne peut exclure que ce conflit existe au niveau organisationnel. En outre, il se pourrait que la production de brevets implique une stratégie dédiée de la part du laboratoire, en particulier le fait que les recherches soient réalisées en partenariat avec les chercheurs de l'industrie. Nous observons que les financements de sources privées jouent positivement sur la propension à inventer. Aussi, il semble que la substitution de financement contractuel public par du financement privé favorise la génération de brevets. Cette conclusion doit cependant être nuancée en rappelant que, lors de la période d'observation, la pratique la plus fréquente voyait les entreprises déposer les brevets inventés par les chercheurs académiques. Dans un tel contexte, il est clair que les collaborations avec les entreprises augmentent la chance de voir des inventions effectivement brevetées.

Les limites de notre étude tiennent essentiellement à l'absence de contrôle des aptitudes individuelles inobservées. Or, si les activités de publication et d'invention sont directement affectées par les capacités propres des individus, les coefficients significatifs et positifs obtenus pour la publication traduisent le fait que les chercheurs les plus talentueux, créatifs et qui sont les plus actifs dans l'activité de publication, ont aussi une plus forte propension à la génération de brevets. Notre étude ne nous permet pas d'affirmer qu'à caractéristiques individuelles données, les efforts à la publication augmentent ou diminuent la probabilité d'inventer un brevet. Il reste encore à proposer un modèle plus complexe qui permettrait de prendre en compte, au-delà du caractère discret et rare de la production de brevets académiques, les effets fixes et les différents biais de simultanéité.

---

## Notes

---

- (1) Il n'est pas possible d'en déduire que l'allocation des efforts de recherche qui en résulte est optimale.
- (2) C'est aussi R.K. Merton (1968) qui a identifié et décrit de tels avantages cumulatifs qu'il a labellisé comme "effet Matthieu" se référant à une citation de l'Évangile selon saint Matthieu.
- (3) Voir Carayol (2006) pour un modèle dynamique de la compétition académique dans lequel une plus grande productivité scientifique et l'obtention de postes de recherche de meilleures qualités se renforcent mutuellement sur le cycle de vie.
- (4) En France, les royalties issues des technologies brevetées appartenant aux institutions universitaires reviennent pour 50% aux inventeurs, pour 25% au laboratoire et pour 25% à l'institution lorsque l'invention génère moins de 300 000 euros de royalties par an. Au-delà, les royalties se répartissent en 25% pour les inventeurs, 25% pour le laboratoire et 50% pour l'institution.
- (5) Dans les universités US, les offices de transfert de technologie recensent des déclarations d'invention ("invention disclosures") qui ne donneront pas nécessairement lieu à des prises de brevets. Ces inventions sont rendues publiques dans l'objectif de trouver des entreprises candidates à un transfert de technologie et donc à un accord de licence. Cette démarche est consistante avec le droit de la propriété intellectuelle US qui veut que la priorité des brevets soit associée à la date d'invention et non à la date de dépôt comme c'est le cas en Europe.
- (6) Dans les faits, les deux catégories de personnel travaillent le plus souvent ensemble dans des laboratoires mixtes de recherche.
- (7) Ces individus sont considérés comme présents dès l'année 1995 car ces contrats, bien qu'ayant été formellement applicables dès le début de 1996, ont été établis bien avant afin d'être évalués par des procédures conduites par le ministère de l'Éducation nationale et de la recherche et les organismes sollicités tels que le CNRS et l'Inserm. C'est pourquoi les données sont considérées comme valables dès l'année 1995.
- (8) La loi sur l'innovation votée en 1999 (dite loi Allègre), appliquée progressivement par la suite, n'a pu affecter significativement nos observations qui s'achèvent en l'an 2000. En outre, l'ULP a une tradition ancienne de transfert de technologie : en la matière, la pratique a souvent précédé la règle.
- (9) Notamment, un modèle plus sophistiqué permettrait de mieux rendre compte des multiples problèmes d'endogénéité mentionnés auparavant. Néanmoins, cela pose différents problèmes de technique économétrique qui se situent au-delà de la portée du présent article.

---

## Bibliographie

---

- Agrawal A. et Henderson R. (2002).** "Putting Patents in Context: Exploring Knowledge Transfer from MIT", *Management Science*, vol. 48, n° 1, pp. 44-60.
- Allison P.D., Long J.S., Stewart J.A. (1982).** "Cumulative Advantage and Inequality in Science", *American Sociological Review*, vol. 47, n° 5, pp. 615-625.
- Arrow K.J. (1987).** "Reflections on the Essays", in G.R. Feiwel (ed.), *Arrow and the Ascent of Modern Economic Theory*, Macmillan, New York, pp. 685-689.
- Blumenthal M.D., Campbell E.G., Anderson M., Causino N. et Louis K.S. (1997).** "Withholding Research Results in Academic Life Science: Evidence from a National Survey of Faculty", *Journal of the Academic Medical Association*, vol. 277, n° 15, pp. 1224-1228.
- Bonaccorsi A. et Daraio C. (2003).** "Age Effects in Scientific Productivity. The Case of the Italian National Research Council (CNR)", *Scientometrics*, vol. 58, n° 1, pp. 35-48.
- Breschi S., Lissoni F. et Montobio F. (2005).** "From Publishing to Patenting: Do Productive Scientists Turn into Academic Inventors", *Revue d'Économie Industrielle*, n° 110, pp. 75-102.
- Cameron C. et Trivedi P. (1998).** *Models for Count Data*, Oxford University Press, Oxford.
- Carayol N. (2006).** "Les propriétés incitatives de l'effet Saint-Mathieu dans la compétition académique", *Revue Économique*, vol. 57, n° 5, pp. 1033-51.
- Carayol N. (2003).** "Objectives, Agreements and Matching in Science Industry Collaborations: Reassembling the Pieces of the Puzzle", *Research Policy*, vol. 32, n° 6, pp. 887-908.
- Carayol N. et Matt M. (2006).** "Individual and Collective Determinants of Academic Scientists' Productivity", *Information Economics and Policy*, vol. 18, n° 1, pp. 55-72.
- Carayol N. et Matt M. (2004).** "Does Research Organization Influence Academic Production? Laboratory Level Evidence from a Large European University", *Research Policy*, vol. 33, n° 8, pp. 1081-1102.
- Carlsson B. et Fridh A. (2002).** "Technology Transfer in United States Universities", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 12, n° 1, pp. 199-232.
- Cohen W.M., Florida R., Randazzese L. et Walsh J. (1998).** "Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance", in R. Noll (ed.), *Challenge to the university*, Washington DC: Brookings Institution Press, pp. 171-199.
- Cole S. (1970).** "Professional Standing and the Reception of Scientific Discoveries", *American Journal of Sociology*, vol. 76, pp. 286-306.
- Coupé T. (2003).** "Science is Golden: Academic R&D and University Patents", *Journal of Technology Transfer*, vol. 28, n° 1, pp. 31-46.
- Crow M. et Bozeman B. (1987).** "R&D Laboratory Classification and Public Policy: The Effects of Environmental Context on Laboratory Behavior", *Research Policy*, vol. 16, n° 5, pp. 229-258.
- Dasgupta P. et David P.A. (1994).** "Toward a New Economics of Science", *Research Policy*, vol. 23, n° 5, pp. 487-521.
- Diamond A.M. (1996).** "The Economics of Science", *Knowledge and Policy*, vol. 9, n°2/3, pp. 6-49.

- Diamond A.M. (1986).** “The Life-Cycle Research Productivity of Mathematicians and Scientists”, *The Journal of Gerontology*, vol. 41, n° 4, pp. 520-525.
- European Commission (2003).** *Third European Report on Science and Technology Indicators*, Brussels.
- Foltz J., Kim K. et Barham B. (2003).** “A Dynamic Count Data Analysis of University Ag-Biotech Patents”, *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 85, n° 1, pp. 187-197.
- Foltz J., Barham, B. et Kim K. (2000).** “Universities and Agricultural Biotechnology Patent Production”, *Agribusiness*, vol. 16, n° 1, pp. 82-95.
- Geuna A. et Nesta L. (2006).** “University Patenting and its Effects on Academic Research”, *Research Policy*, vol. 35, n° 6, pp. 790-807.
- Greene W. (2003).** *Econometric Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 5<sup>ème</sup> Edition.
- Greene W. (1994).** “Accounting for Excess Zeros and Sample Selection in Poisson and Negative Binomial Regression Models”, Working Paper n° EC-94-10, Department of Economics, Stern School of Business, New York University.
- Hansen W.L., Weisbrod B.A. et Strauss R.P. (1978).** “Modeling the Earnings and Research Productivity of Academic Economists”, *Journal of Political Economy*, vol. 86, n° 4, pp. 729-741.
- Henderson R., Jaffe A.B. et Trajtenberg M. (1998).** “Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting 1965-1988”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 80, n° 1, pp. 119-127.
- Jensen J. et Thursby M.C. (2004).** “Proofs and Prototypes for Sale: the Licensing of University Inventions”, *American Economic Review*, vol. 91, n° 1, pp. 240-59.
- Lach S. et Schankerman M. (2003).** “Incentives and Invention in Universities”, CEPR Discussion Paper 3916.
- Lambert D. (1992).** “Zero-Inflated Poisson Regressions, with an Application to Defects in Manufacturing”, *Technometrics*, vol. 34, n° 1, pp. 1-14.
- Levin S.G. et Stephan P.E. (1991).** “Research Productivity over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists”, *American Economic Review*, vol. 81, n° 1, pp. 114-132.
- Long J.S. (1978).** “Productivity and Academic Position in the Scientific Career”, *American Sociological Review*, vol. 43, pp. 889-908.
- Merton R.K. (1968).** “The Matthew Effect in Science”, *Science*, vol. 159, n° 3810, pp. 56-63.
- Merton R.K. (1957).** “Priorities in Scientific Discovery”, *American Sociological Review*, vol. 22, n° 6, pp. 635-659.
- Merton R.K. (1942).** “The Normative Structure of Science”, *Journal of Legal and Political Sociology*, vol. 1, pp. 115-126.
- Mowery D.C. et Ziedonis A.A. (2002).** “Academic Patent Quality Before and After the Bayh-Dole Act in the United States”, *Research Policy* vol. 31, n° 3, pp. 399-418.
- National Science Board (2004).** *Science and Engineering Indicators*, National Science Foundation.
- Olster S. et Hamermesh D. (1998).** “Aging and Productivity among Economists”, *Review of Economics and Statistics*, vol. 80, n° 1, pp. 154-156.
- Payne A. et Siow A. (2003).** “Does Federal Research Increase University Research Output?”, *Advances in Economic Analysis & Policy*, vol. 3, n° 1, Article 1.
- Stephan P.E. (2001).** “Educational Implications of University-Industry Technology Transfer”, *Journal of Technology Transfer*, vol. 26, n° 3, pp. 199-205.
- Stephan P.E. (1996).** “The Economics of Science”, *Journal of Economic Literature*, vol. 34, n° 3, pp. 1199-1235.
- Stephan P.E., Gurmu S., Sumell A.J. et Black G. (2007).** “Who is Patenting in the University? Evidence from the Survey of Doctorate Recipients”, A paraître dans *Economics of Innovation and New Technology*.
- Thursby J. G. et Thursby M.C. (2007).** “Patterns of Research and Licensing Activity of Science and Engineering Faculty”, à paraître in R. Ehrenberg et P. Stephan (eds.), *Science and the University*.
- Turner L. et Mairesse J. (2006).** “Explaining Individual Productivity Differences in Public Research: How Important are Non-Individual Determinants? An Econometric Study of French Physicists’ Publications (1986-1997)”, à paraître dans *Annales d’Économie et de Statistique*.
- Vuong Q. (1989).** “Likelihood Ratio Tests for Model Selection and Non-Nested Hypotheses”, *Econometrica*, vol. 57, n° 2, pp. 307-334.
- Wallmark J.T. (1997).** “Inventions and Patents at Universities: The Case of Chalmers University of Technology”, *Technovation*, vol. 17, n° 3, pp. 127-139.
- Weiss Y. et Lillard L.A. (1982).** “Output Variability, Academic Labor Contracts, and Waiting Times for Promotion”, *Research in Labor Economics*, vol. 5, pp. 157-188.
- Winkelmann R. (2003).** *Econometric Analysis of Count Data*, Springer, 4<sup>ème</sup> Edition.

## Annexe : les variables

---

$Patent_i$  : nombre de familles de brevets que l'individu  $i$  a inventés ou co-inventés au cours de la période 1995-2000 (familles dont au moins une occurrence de demande d'application a été réalisée auprès de l'INPI, de l'EPO, ou du WIPO et est applicable en France).

$Age_i$  est l'âge de l'individu  $i$  en 1996.

$Gender_i$  : variable dichotomique égale à 1 si l'individu  $i$  est une femme (zéro sinon).

$DR_i$  : variable dichotomique égale à 1 si l'individu  $i$  était directeur de recherche en 1996 et zéro sinon.

$CR_i$  : variable dichotomique égale à 1 si l'individu  $i$  était chargé de recherche en 1996 et zéro sinon.

$Pr_i$  : variable dichotomique égale à 1 si l'individu  $i$  était professeur en 1996 et zéro sinon.

$Mc_i$  : variable dichotomique égale à 1 si l'individu  $i$  était maître de conférences en 1996 et zéro sinon.

$Perf_i$  : nombre de publications de l'individu  $i$  sur la période 1995-2000, corrigé (proportionnellement) pour les co-publications.

$Impact_i$  : impact moyen des occurrences de publication de l'individu  $i$  sur la période 1995-2000 (facteur d'impact des revues) pondéré par la co-publication.

$Size_i$  : nombre de chercheurs permanents du laboratoire de recherche d'affiliation de  $i$ .

$Priv.fund.sh_i$  : part des financements contractuels reçus de sources privées sur la période 1993-2000.

$Priv.fund.low_i$ ,  $Priv.fund.med_i$  et  $Priv.fund.high_i$  : variables dichotomiques égale à 1 si l'individu  $i$  est dans le premier (respectivement le second et le troisième) « tertile » de  $Priv.fund.sh_i$  et 0 sinon.

$Disc1_i$  : variable dichotomique égale à 1 si la discipline à laquelle l'individu  $i$  est affiliée sont les Mathématiques,  $Disc2_i$  pour la Physique,  $Disc3_i$  pour la Chimie,  $Disc4_i$  pour les Sciences de la Terre,  $Disc5_i$  pour les Sciences de l'ingénieur,  $Disc6_i$  pour la Biologie et  $Disc7_i$  pour la Médecine.