

Direction des Études et Synthèses Économiques

G 2004 / 08

**Les brevets accroissent-ils
les incitations privées à innover ?
Un examen microéconométrique**

Emmanuel DUGUET et Claire LELARGE

Document de travail



Institut National de la Statistique et des Études Économiques

INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES

*Série des documents de travail
de la Direction des Études et Synthèses Économiques*

G 2004 / 08

Les brevets accroissent-ils les incitations privées à innover ? Un examen microéconométrique

Emmanuel DUGUET* et Claire LELARGE**

AOÛT 2004

Nous remercions Catalina Martinez, Sébastien Roux, Louis de Gimel,
et Alain Chappert, ainsi que les participants au séminaire D3E
pour leurs commentaires.

* Université de Bretagne Occidentale et EUREQua - CNRS UMR 8594 - Université de Paris I - 160-112, boulevard de l'Hôpital - 75647 Paris Cedex 13. Courriel : eduguet@univ-paris1.fr.

** Département des Études Économiques d'Ensemble - Division « Marchés et Stratégies d'Entreprise »
Timbre G230 - 15, bd Gabriel Péri - BP 100 - 92244 MALAKOFF CEDEX

Les brevets accroissent-ils les incitations privées à innover ? Un examen microéconométrique

Résumé

Cet article examine si les brevets accroissent les incitations privées à innover dans l'industrie manufacturière. Pour cela nous construisons un modèle où la valeur d'une innovation dépend à la fois du type d'innovation réalisée et de son éventuelle protection par un brevet. On en déduit un système à trois équations reliant les valeurs des innovations de produit et de procédé à la valeur de la protection par le brevet. Ce modèle permet de justifier l'estimation d'un modèle Probit trivarié et censuré. Nous parvenons à deux résultats principaux. Premièrement, la protection par le brevet augmente l'incitation à innover en produit mais pas en procédé. Nous retrouvons également le résultat habituel selon lequel seule la valeur des innovations de produit - et non celle des innovations de procédé - augmente l'incitation à breveter. Deuxièmement, à la différence des innovations de procédés, les innovations de produits et les brevets se caractérisent par la coexistence d'un grand nombre de valeurs faibles et d'un nombre restreint de valeurs élevées. Cette asymétrie dans la distribution résulterait des différences d'efficacité de la protection par le brevet selon l'activité.

Mots-clés : Innovation, Brevet, Simulateur GHK, Système d'équations à variables qualitatives, Moindres carrés asymptotiques

Does patenting increase the private incentives to innovate? A microeconomic analysis

Abstract

This paper examines whether patenting increases the private incentives to innovate in manufacturing. In order to study this issue, we build a model in which the value of an innovation depends both on the type of innovation implemented (product, process) and on the existence or not of a patent protection. We obtain a three-equation model that links the values of product and process innovations to the value of patent protection. This model and the feature of the data imply the estimation of a trivariate censored Probit model. We reach two main conclusions. First, the value of patent rights increases the incentives to innovate in products but not in processes and, conversely, the value of product innovations only – and not the one of process innovations – increases the incentives to patent. Second, we find that the distributions of product innovations and of patent values are skewed contrary to the values of process innovations. A significant share of the skewness in product values would come from the efficiency differences of intellectual property rights among the different activities.

Keywords: Innovation, Patent, GHK simulator, System of limited dependent variables, Asymptotic least squares

Classification JEL : C15, C35, L60, O31, O34

Introduction

« Patent regimes play an increasingly complex role in encouraging innovation, diffusing scientific and technical knowledge, and enhancing market entry and firm creation. As such they should be subject to closer scrutiny by science, technology and innovation policy makers. »

(OECD Ministers of Science and Technology,
Conclusions of January 2004 meeting)

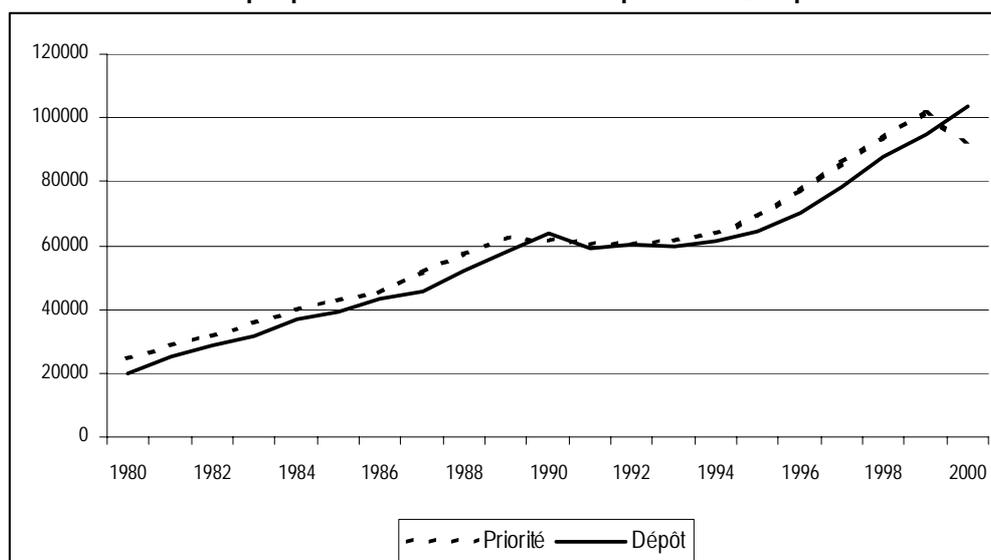
La production de connaissances par des agents privés est marquée par de nombreuses imperfections qui empêchent une production optimale du savoir par le marché. Les connaissances possèdent en effet des propriétés de biens publics (non-rivalité, non-exclusion) qui tendent à abaisser leur rendement privé en dessous de leur rendement social. Ce domaine a donc suscité très tôt l'intervention de l'État pour accroître les incitations privées à innover. Différentes politiques ont été mises en œuvre pour stimuler le développement de connaissances nouvelles. Un premier ensemble de mesures consiste à financer la recherche fondamentale dans des organismes publics afin de faciliter l'émergence de nouveaux domaines scientifiques, qui seront ensuite utilisés comme socle de la recherche privée. Un second ensemble de mesures vise à réduire le coût privé de la recherche : elles incluent les subventions à la R&D (David, Hall et Toole, 2000 ; Duguet, 2004), le crédit d'impôt recherche (Hall et Van Reenen, 2000) et l'encouragement à la coopération en R&D (Jacquemin, 1988 ; Jorde et Teece, 1990 ; Cassiman et Veugelers, 2002). Enfin, un troisième ensemble de mesures vise à encourager la recherche en accroissant le rendement privé de la R&D. Pour y parvenir, on peut mettre en place un système de brevet afin d'affaiblir la propriété de non-exclusion des connaissances, en étendant le champ des droits de propriété aux biens immatériels. La question est de savoir si on peut remplacer - au moins partiellement - une intervention directe de l'État par le mécanisme plus décentralisé que constitue le système de brevets¹. Les évaluations nombreuses des deux premiers ensembles de mesures qui ont été proposées concluent majoritairement à leur efficacité ; en revanche, le problème de l'évaluation de l'efficacité du système de brevets n'a suscité que peu de travaux empiriques récents.²

A ces considérations s'ajoute un constat empirique (graphiques 1 et 2) : le recours aux brevets s'est considérablement accru sur les deux dernières décennies dans les pays les plus avancés technologiquement. L'interprétation de cette évolution est cependant ambiguë. Il est possible que cette augmentation du recours au brevet résulte d'un accroissement du nombre d'innovations brevetables sur la période, auquel cas le renforcement du système de brevet qui a eu lieu simultanément aurait pu avoir un impact positif sur l'innovation. Une autre interprétation est cependant envisageable : cette hausse pourrait traduire des aspects purement stratégiques liés au dépôt de brevet, comme la volonté d'éviter les procès en contrefaçon ou d'améliorer la position de l'entreprise lors de négociations technologiques (Duguet et Kabla, 1998). Dans ce dernier cas, le renforcement du système de brevets aurait été neutre pour le bien-être social, voire négatif si l'on tient compte de son coût.

¹ Le Crédit d'Impôt Recherche (CIR) est décentralisé mais peut être modifié d'une année sur l'autre, contrairement au système de brevet. De telles interventions directes permettent d'avoir une politique active en matière d'innovation, alors que le système de brevets laisse l'initiative aux agents privés.

² Voir les références précédentes et les bibliographies correspondantes.

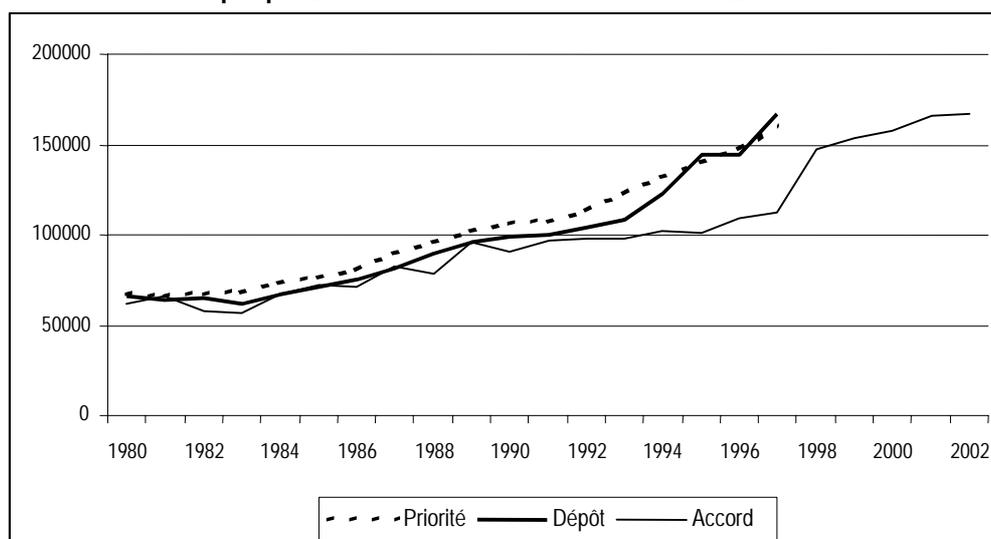
Graphique 1 : Nombre de brevets déposés en Europe



Source : OCDE, Patent Database, Juillet 2003

Note : L'année de priorité correspond à la date initiale du premier dépôt d'une demande de brevet n'importe où dans le monde, quels que soient les dépôts ultérieurs dans d'autres pays : elle correspond normalement à la date de dépôt auprès de l'office national du déposant.

Graphique 2 : Nombre de brevets accordés aux États-Unis



Source : OCDE, Patent Database, Juillet 2003

Du point de vue social, la décision de mise en place d'un système de brevet et ses caractéristiques devraient dépendre d'un arbitrage entre coûts et bénéfices sociaux. Les bénéfices du renforcement des droits de propriété intellectuelle (DPI) résultent notamment de l'accroissement du nombre d'innovations et d'une plus grande diffusion des connaissances techniques, alors que les coûts du système de brevet incluent les inefficiences liées au pouvoir de marché conféré à l'entreprise innovante. On résume cette situation par un arbitrage entre efficacité dynamique (apparition de nouveaux produits et procédés, innovation) et efficacité statique (concurrence parfaite sans pouvoir de monopole). Du point de vue des entreprises, le dépôt de brevet ne sera intéressant que si l'efficacité du système de brevet est suffisamment forte pour compenser les coûts privés (au sens large) liés au suivi juridique et aux risques de contrefaçon, de contournement et de diffusion des informations stratégiques

contenues dans le brevet.³

Les recherches empiriques menées sur le sujet se caractérisent par leur grande prudence. Les résultats obtenus semblent toutefois dépendre fortement du secteur d'activité étudié. Globalement, les auteurs d'un premier ensemble d'études estiment que le système de brevet semble bien avoir eu un effet positif sur l'innovation dans l'industrie pharmaceutique et l'industrie chimique (Grabowsky et Vernon, 1985 ; Park et Ginarte, 1995 au niveau agrégé, Arora, Ceccagnoli et Cohen, 2003 et, dans une moindre mesure, Branstetter et Sakakibara, 2001). Un second ensemble d'études met en avant le fait que la nature des droits de propriété modifie le choix du pays de dépôt et l'orientation du progrès technique, c'est-à-dire le choix du domaine sur lequel vont se porter les efforts de R&D des entreprises. Moser (1999) montre ainsi à partir de données du dix-neuvième siècle que les entreprises des pays qui n'ont pas de système de brevet tendent à orienter leurs innovations dans les activités où le secret est efficace par rapport aux brevets. Lerner (2001) constate que sur la période 1850-2000, les pays qui renforcent leurs droits de propriété « reçoivent » plus d'innovations des autres pays mais ne créent pas plus d'innovations en interne. Enfin, un troisième ensemble d'études aboutit à des résultats moins positifs pour le système de brevet. Hall et Ziedonis (2004) montrent que le doublement du ratio du nombre de brevets par rapport aux dépenses de R&D dans l'industrie des semi-conducteurs résulterait principalement de la volonté d'éviter les procès en contrefaçon, ce qui rejoint les conclusions de Duguet et Kabla (1998) pour l'industrie manufacturière française. Ces aspects stratégiques sont également omniprésents dans les études de Levin et al. (1987) et Cohen, Nelson et Walsh (2000). Dans le domaine des services, Bessen et Hunt (2004) concluent que l'extension du domaine brevetable à l'activité des logiciels aurait entraîné une baisse de l'effort de R&D au niveau des entreprises. Cette dernière conclusion défavorable au système de brevet rejoint d'autres préoccupations plus générales selon lesquelles le système de brevet pourrait nuire à l'amélioration des innovations existantes lorsque le savoir est cumulatif. Ainsi, Bessen et Maskin (2002) insistent sur le fait qu'une activité comme le développement de logiciels a pu *contrario* se développer de manière remarquable sans système de brevet.

La présente étude vise à examiner l'effet du système de brevet sur les activités d'innovation des entreprises de l'industrie manufacturière française. La raison de cette restriction de champ réside dans le fait que l'industrie manufacturière correspond, en France, au champ des innovations brevetables. Par rapport à la littérature antérieure, nous développons l'analyse dans deux directions. La première extension consiste à étudier la causalité qui va de la valeur du brevet vers l'innovation – ou la contribution du dépôt de brevet à la valeur des investissements en recherche – alors que les travaux antérieurs se sont focalisés sur la causalité inverse. Nous le faisons dans un cadre qui autorise la simultanéité entre la valeur des brevets et la valeur des innovations. La seconde extension consiste à autoriser des différences de comportements d'appropriation selon le type d'innovation considéré (produit, procédé). Nous étendons donc les travaux descriptifs antérieurs qui suggèrent que les brevets permettraient de mieux protéger les produits que les procédés, ces derniers étant plus efficacement protégés par le secret. Notre modèle permet de tester cette hypothèse dans un cadre économétrique approprié.

Nous parvenons à deux résultats principaux. D'une part, la protection par le brevet augmente l'incitation à innover en produits mais pas en procédés. Réciproquement, l'innovation de procédés ne contribue pas à augmenter le nombre de déposants de brevets une fois pris en compte l'effet des innovations de produits. D'autre part, alors que la valeur des procédés est distribuée de manière symétrique, une forte proportion d'innovations de produits a une valeur faible et une faible proportion d'entre elles a une valeur forte.

³ Selon Duguet et Kabla (1998), ce dernier élément semble être celui qui réduit le plus le recours aux brevets.

Dans la première section, nous présentons un modèle qui prend en compte les interrelations entre la valeur des brevets et celles des innovations de produit et de procédé. La seconde section présente les données utilisées et la section 3 la méthode d'estimation employée. Cette méthode tient compte du fait que l'on ne peut observer un brevet que si l'entreprise a innové (biais de sélection). Les résultats sont présentés dans la section 4.

I - Fondements théoriques

Le modèle qui suit vise à proposer une grille de lecture de l'application économétrique effectuée dans cette étude. Ce modèle permet de préciser les relations de simultanéité entre les décisions d'innovation et de brevet, ainsi que d'établir les conditions d'identification du système d'équations que nous estimerons plus loin. D'autres modélisations peuvent être compatibles avec nos estimations.

On considère une entreprise qui prend ses décisions en trois étapes. Dans un premier temps, l'entreprise décide de s'engager dans une activité innovante ou non ; dans un deuxième temps l'innovation a lieu et son importance, notée μ , dépend positivement du montant des dépenses de recherche qui ont été engagées. Dans un troisième temps, l'entreprise décide de déposer un brevet ou non, sachant que l'appropriabilité de son innovation dépend d'un aléa, noté ε ⁴. On résout ce problème en utilisant la récurrence vers l'amont.

I.1 Décision de breveter

A la dernière étape, la valeur de l'innovation sans protection, notée μ , et l'aléa d'appropriation ε sont connus. L'entreprise doit alors comparer la valeur de son innovation avec et sans protection par le brevet. La valeur d'une innovation brevetée est donnée par :

$$V(\mu, \varepsilon) = (1 + P(\varepsilon, \mu, X_{\text{appro}})) \times \mu,$$

où $P(\cdot)$ représente la prime apportée par le brevet (« patent premium »), μ est la valeur de l'innovation non protégée et X_{appro} est un ensemble de variables explicatives reliées à l'appropriabilité de l'innovation de l'entreprise. La prime de brevet s'interprète comme le gain relatif apporté par le dépôt de brevet :

$$P = \frac{V}{\mu} - 1.$$

Nous supposerons dans cette étude, à la différence de Arora, Ceccagnoli et Cohen (2003) que cette prime peut dépendre de la qualité de l'innovation réalisée. Pour l'application, nous supposerons par la suite que :

$$P(\varepsilon, \mu, X_{\text{appro}}) = \varepsilon + \alpha_{\text{brev}}\mu + X_{\text{appro}}\beta_{\text{appro}} - 1.$$

L'entreprise choisira donc de recourir au brevet si la prime de brevet est positive :

$$P(\varepsilon, \mu, X_{\text{appro}}) > 0 \Leftrightarrow \varepsilon > 1 - \alpha_{\text{brev}}\mu - X_{\text{appro}}\beta_{\text{appro}}.$$

⁴ Cet aléa correspond à des variables non observées par l'économètre, et qui affectent le pouvoir de maché conféré par le brevet. Par exemple, la *durée de vie effective* d'un brevet portant sur une innovation aisément codifiable est plus courte que si l'innovation n'est pas aisément codifiable : l'information technologique rendue publique par le dépôt de brevet diffuse plus rapidement en suscitant des innovations de dépassement qui rendent le brevet obsolète.

1.2 Dépenses d'innovation

A cette étape, l'entreprise n'a pas encore observé la réalisation de l'aléa d'appropriabilité ε mais possède un *a priori* sur sa distribution. On note respectivement $\phi(\cdot)$ et $\Phi(\cdot)$ la densité et la fonction de répartition de cette distribution (supposée normale dans l'application). Nous supposons également que la valeur de l'innovation est reliée au niveau de R&D, noté r , par une fonction d'innovation de la forme suivante :

$$\mu = f(r, X_{\text{inno}}),$$

où X_{inno} désigne les déterminants de l'innovation autres que la recherche. L'entreprise choisit donc son montant de recherche r en maximisant le profit espéré de son innovation, noté $\bar{\Pi}$, qui est défini par :

$$\bar{\Pi} = \int_{P>0} (P(\varepsilon, \mu, X_{\text{appro}}) + 1) \mu \phi(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{P \leq 0} \mu \phi(\varepsilon) d\varepsilon - r$$

sous la contrainte $\mu \leq f(r, X_{\text{inno}})$. En posant $z = \alpha_{\text{brev}}\mu + X_{\text{appro}}\beta_{\text{appro}} - 1$ l'espérance de la prime apportée par le brevet, on obtient l'expression suivante pour le profit espéré :

$$\bar{\Pi} = \mu (1 + \phi(z) + z \Phi(z)) - r.$$

La condition du premier ordre définit le montant privé de recherche :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mu}{\partial r} \times [1 + \phi(z^*) + z^* \Phi(z^*)] + \frac{\partial z}{\partial R} \times \mu^* \Phi(z^*) &= 1 \\ \Leftrightarrow \frac{\partial \mu}{\partial r} [1 + \phi(z^*) + z^* \Phi(z^*) + \alpha_{\text{brev}} \mu^* \Phi(z^*)] &= 1 \end{aligned}$$

avec $\mu^* = f(r^*, X_{\text{inno}})$ et $z^* = \alpha_{\text{brev}}\mu^* + X_{\text{appro}}\beta_{\text{appro}} - 1$. La relation précédente définit de manière implicite le montant de R&D, et donc la qualité μ^* de l'innovation, optimaux du point de vue de l'entreprise. Ce montant est fonction des « environnements » de l'entreprise : environnement innovant X_{inno} , et environnement institutionnel (d'appropriation) X_{appro} . On remarque que les conditions d'appropriabilité X_{appro} n'interviennent dans l'équation précédente qu'à travers z^* : à l'optimum, il existe donc une relation liant z^* à μ^* et X_{inno} . On obtient finalement un système de la forme suivante :

$$\begin{cases} \mu^* = \mu^*(z^*, X_{\text{inno}}) \\ z^* = z^*(\mu^*, X_{\text{appro}}) \end{cases}$$

Ce dernier système, et notamment sa structure spécifique, nous fournit une stratégie d'estimation des paramètres d'intérêt :

- L'un des objectifs principaux de cette étude est de mesurer les effets incitatifs individuels du système de brevet sur l'innovation. Cet effet est mesuré par la quantité $\partial \mu^* / \partial z^*$.
- Par ailleurs, la propension à breveter mesurée habituellement dans la littérature correspond ici à $\partial z^* / \partial \mu^*$.

En outre, les relations précédentes mettent en lumière une condition d'identification importante : les conditions d'appropriation n'affectent le comportement d'innovation de la firme qu'à travers son anticipation z^* de la prime de protection associée au brevet. Dans le cadre de ce modèle, il existe donc des variables X_{appro} qui affectent la décision de breveter z^* sans affecter directement l'innovation. De même, les variables X_{inno} affectent directement la valeur de l'innovation sans affecter directement la décision de breveter.

1.3 Modèle empiriquement vérifiable

A l'étape de l'estimation⁵, nous utilisons une forme linéarisée de la condition du premier ordre de notre modèle commentée ci-dessus :

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* &= \alpha_{\text{prod}} z^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{prod}} + u_{\text{prod}} \\ \mu_{\text{proc}}^* &= \alpha_{\text{proc}} z^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{proc}} + u_{\text{proc}} \\ z^* &= \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \mu_{\text{prod}}^* + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \mu_{\text{proc}}^* + X_{\text{appro}} \beta_{\text{brev}} - 1 \end{cases}$$

où $(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*)$ sont les valeurs des innovations de produit et de procédé et $(u_{\text{prod}}, u_{\text{proc}})$ les perturbations habituelles d'un modèle économétrique. La troisième quantité, z^* n'est pas aléatoire. Comme nous n'observons qu'une variable de dépôt de brevet, il faut reformuler ce modèle en fonction de P^* (prime effective de protection associée au dépôt de brevet) et non de z^* (anticipation de cette prime). Sachant que $P^* = z^* + \varepsilon$ (aléatoire), on obtient le système suivant :

⁵ Pour estimer le modèle, nous devons prendre en compte les trois contraintes suivantes liées aux données utilisées (voir annexe 1 pour une description détaillée des données utilisées). Premièrement, les informations sur les comportements d'innovation et de dépôt de brevet portent sur une période identique (1997-1999) de sorte qu'il tienne compte de leur simultanéité. Deuxièmement, on sait seulement, d'une part, si l'entreprise a déposé un brevet ou non, et d'autre part, quels types d'innovation elle a réalisés. Troisièmement, l'appariement avec les enquêtes Recherche pose des problèmes de recoupement et nous ferait perdre de nombreuses observations. Nous utilisons donc l'enquête CIS 2 qui fournit des informations sur les dépenses de R&D engagées sur la période antérieure 1994-1996, et dont la base de sondage a été pour partie reprise pour l'enquête FIT. Par ailleurs, nous appliquons le modèle théorique aussi bien aux produits qu'aux procédés. Toutefois comme nous n'observons qu'une variable globale de dépôt de brevet, il faut interpréter notre prime de brevet z^* comme une prime globale définie au niveau de l'entreprise et non au niveau de l'innovation. Cette contrainte résulte également du fait que nous avons des données d'entreprises et non des données par projet d'innovation.

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* &= \alpha_{\text{prod}} P^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{prod}} + u_{\text{prod}} - \alpha_{\text{prod}} \times \varepsilon \\ \mu_{\text{proc}}^* &= \alpha_{\text{proc}} P^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{proc}} + u_{\text{proc}} - \alpha_{\text{proc}} \times \varepsilon \\ P^* &= \underbrace{\alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \mu_{\text{prod}}^* + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \mu_{\text{proc}}^* + X_{\text{appro}} \beta_{\text{brev}} + \varepsilon}_{z^*} \end{cases}$$

Cette réécriture du modèle permet de démontrer que les perturbations de notre modèle sont *a priori* corrélées puisque l'aléa de succès ε intervient dans toutes les équations. Cette propriété est importante pour déterminer la méthode d'estimation : il faut impérativement tenir compte des corrélations entre équations. Il existe toutefois une exception à cette règle. Si le coefficient α_{prod} où α_{proc} s'annule, la corrélation entre la perturbation de l'équation de brevet et la perturbation de l'équation d'innovation correspondante devrait également s'annuler. En effet, les perturbations u_{prod} et u_{proc} n'ont pas de raison d'être corrélées à ε . Nous verrons plus loin que c'est exactement ce que nous trouvons pour l'innovation de procédé.

Les variables dichotomiques que nous observons sont les contreparties empiriques des conditions suivantes :

$$\text{Prod} = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{\text{prod}}^* > 0, \\ 0 & \text{sinon} \end{cases},$$

$$\text{Proc} = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{\text{proc}}^* > 0 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

$$\text{et Brev} = \begin{cases} 1 & \text{si } P^* > 0 \text{ et } \max(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*) > 0. \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}.$$

Ces trois variables dichotomiques sont endogènes. La définition de la troisième variable s'explique par le fait que l'on ne peut observer un dépôt de brevet $P^* > 0$ que lorsque l'entreprise a effectivement innové en produit ou en procédé ($\mu_{\text{prod}}^* > 0$ et/ou $\mu_{\text{proc}}^* > 0$). Ce biais de sélection est important et nous le prenons en compte lors de l'estimation.

II - Données

II.1 Construction de l'échantillon

L'échantillon résulte de l'appariement de quatre bases de données individuelles :

1. Enquête « Financement de l'Innovation Technologique » (FIT), réalisée par le SESSI en 2000 dans l'industrie manufacturière, qui porte sur la période 1997-1999. Nous utilisons les réponses qui concernent la mise en œuvre d'innovations par les entreprises.
2. Enquête communautaire sur l'innovation (CIS 2), réalisée par le SESSI en 1997 dans l'industrie manufacturière, qui porte sur la période 1994-1996.
3. Base de données comptables BRN issue de la Direction Générale des Impôts, qui porte sur l'année 1996.
4. Enquête Annuelle d'Entreprises, réalisée par le SESSI, qui porte sur l'année 1996.

L'enquête FIT porte sur la période 1997-1999 ; elle couvre le champ des entreprises industrielles de 20 salariés ou plus, à l'exception des entreprises agricoles et alimentaires, du bâtiment et travaux publics. Cette définition correspond à peu près au champ des innovations brevetables qui, en France, exclut les services. La plupart des « start-ups » et des entreprises en phase de création se retrouvent ainsi en dehors du champ de cette étude. Nous extrayons de cette enquête les trois variables endogènes de notre analyse économétrique : indicatrices d'innovation de produit, d'innovation de procédé et de dépôt de brevet. Nous prenons également dans cette enquête une des variables identifiantes de notre modèle : le jugement porté par l'entreprise sur le système de brevets.⁶

L'enquête CIS 2 s'inscrit dans le cadre des enquêtes communautaires sur l'innovation dont le questionnaire est partiellement harmonisé au niveau européen par EUROSTAT. Les enquêtes communautaires sont menées conjointement par les membres de l'Union Européenne. Nous en extrayons les intrants de l'innovation sur la période 1994-1996 : dépenses internes de R&D, dépenses externes de R&D, dépenses en innovations incorporées aux biens d'équipement et taux d'imitation des produits.

Enfin, les données des BRN et de l'EAE fournissent des données individuelles comptables pour l'année 1996 : chiffre d'affaires, indice de Lerner (EBE/CA), indice de diversification des activités de l'entreprise, indice de concentration de son marché, et indicatrice d'exportations.

Les quatre bases de données ont pu être appariées grâce à l'identifiant SIREN des entreprises. Notre échantillon final comporte 1027 entreprises, toutes engagées dans des activités d'innovation, qu'elles soient couronnées de succès ou non.

II.2 Statistiques descriptives

Les tableaux 1 à 4 présentent quelques statistiques descriptives. Dans l'ensemble, les entreprises engagées dans une activité innovante ont un profil assez proche de l'ensemble des entreprises du secteur manufacturier français, avec une taille médiane de 191 salariés. Elles exportent plus du quart de leur production. Le tableau 2 résume

⁶ Voir en annexe la formulation précise des questions utilisées.

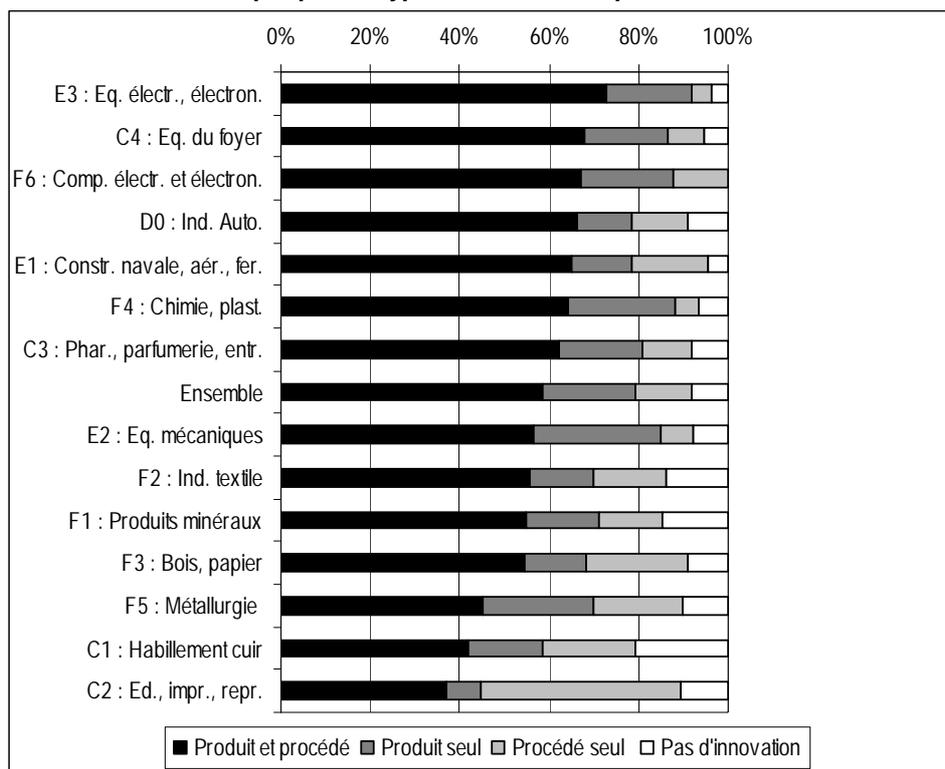
les performances innovantes de ces entreprises. Les activités les plus innovantes sont les biens d'équipement électriques et électroniques, la chimie, les composants électriques et électroniques, les équipements ménagers et la pharmacie. Globalement, les innovations de produit et de procédé sont fortement corrélées, puisque 58% des entreprises réalisent simultanément ces deux types d'innovation. L'innovation de produit réalisée seule est également assez répandue (21%). Enfin, bien qu'il soit plus rare de réaliser une innovation de procédé seule (13%), certaines industries dérogent à cette règle, notamment dans les activités « anciennes ». Ainsi, 45% des entreprises de l'imprimerie réalisent des innovations de procédé uniquement, ainsi que 20% environ des entreprises de l'habillement, du papier et de la métallurgie. La construction navale, aéronautique et ferroviaire, bien qu'utilisant des technologies très récentes, atteint le chiffre de 17% seulement, les innovations de procédé étant majoritairement couplées à des innovations de produit (graphique 3). Ces différences entre comportements d'innovation devraient logiquement avoir des conséquences sur la politique de dépôt de brevet des entreprises : en effet, les procédés de fabrication sont plus faciles à protéger par le secret que les innovations de produit, ce qui devrait induire des taux de dépôt plus faible dans les industries qui innovent fortement en procédés.

Tableau 1 - Statistiques descriptives

	1 ^{er} Quartile	Médiane	3 ^e Quartile	Moyenne
%				
Indice de Lerner (EBE/CA)	3,7	7,3	11,7	7,8
Taux de Marge (EBE/VA)	9,9	20,1	30,3	18,0
Exportations/CA	3,6	19,8	45,4	27,3
Coûts du travail/Production	15,6	20,5	27,0	21,9
Milliers d'Euros :				
EBE/Effectif	3	9	16	12
CA/Effectif	88	122	171	143
VA/Effectif	36	45	58	50
Effectif	58	191	580	669

Tableau 2 - Innovations par industrie

Code : Industrie	Innovation (%)					Marché (%)		
	Produit	Procédé	Produit et Procédé	Produit seul	Procédé seul	Non innovant.	Moyennement innovant	Fortement innovant
C1 : Habillement cuir	58	63	42	17	21	63	33	4
C2 : Édition, imprimerie, reproduction	45	82	37	8	45	39	47	13
C3 : Pharmacie, parfumerie et entretien	81	73	62	19	11	3	54	43
C4 : Équipements du foyer	87	76	68	19	8	44	39	17
D0 : Industrie automobile	79	79	66	13	13	23	41	36
E1 : Constr. navale, aér. et ferroviaire	78	83	65	13	17	22	61	17
E2 : Équipements mécaniques	85	63	56	29	7	33	55	12
E3 : Équipements élect. et électron.	92	77	73	19	5	13	39	48
F1 : Produits minéraux	71	70	55	16	14	71	19	10
F2 : Industrie textile	70	72	56	14	16	49	47	5
F3 : Bois, papier	68	77	55	14	23	52	36	11
F4 : Chimie, caoutchouc, plastiques	88	69	64	24	5	33	44	23
F5 : Métallurgie et transf. des métaux	70	65	45	24	20	45	40	14
F6 : Composants élect. et électron.	88	79	67	21	12	16	49	34
Total	79	71	58	21	13	46	44	10

Graphique 3 : Types d'innovations par industrie**Tableau 3 : Propriété intellectuelle par industrie**

Code : Industrie	Dépôt de brevet %	Propriété Intellectuelle		
		Pas importante	Peu importante	Très importante
C1 : Habillement cuir	12,5	58,3	16,7	25,0
C2 : Édition, imprimerie, reproduction	7,9	79,0	18,4	2,6
C3 : Pharmacie, parfumerie et entretien	70,3	29,7	48,7	21,6
C4 : Équipements du foyer	54,7	36,0	40,0	24,0
D0 : Industrie automobile	64,3	35,7	32,1	32,1
E1 : Constr. navale, aé. et ferroviaire	56,5	26,1	34,8	39,1
E2 : Équipements mécaniques	62,4	23,3	44,6	32,2
E3 : Équipements électr. et électron.	67,9	27,4	45,2	27,4
F1 : Produits minéraux	55,1	27,5	40,6	31,9
F2 : Industrie textile	32,6	55,8	18,6	25,6
F3 : Bois, papier	47,7	52,3	20,5	27,3
F4 : Chimie, caoutchouc, plastiques	67,5	21,7	38,3	40,0
F5 : Métallurgie et transf. des métaux	51,1	38,2	30,8	30,9
F6 : Composants électr. et électron.	63,0	28,8	31,5	39,7
Total	56,1	33,5	36,0	30,5

Les activités où l'on brevète le plus sont celles où la codification des connaissances est la plus facile et où les négociations et transactions technologiques sont nécessaires pour pouvoir progresser. C'est notamment le cas lorsque les connaissances sont fortement cumulatives. Les activités qui brevettent le plus sont donc (tableau 3) la pharmacie, les équipements électriques et électroniques, la chimie, les composants électriques et électroniques et les équipements mécaniques (plus de 60%). Certaines activités au contraire recourent peu au brevet. C'est le cas de l'imprimerie (8% des entreprises de notre échantillon déposent un brevet), où pourtant 82% des entreprises innovent en procédé. C'est également le cas des secteurs de l'habillement (12%) et du textile (32%), où d'autres modes de protection existent (marques et modèles). Globalement, le recours au brevet est de 56%, ce qui peut sembler assez faible par rapport aux taux avancés dans d'autres travaux, et surtout pour un échantillon d'entreprises qui déclarent toutes être engagées dans des activités d'innovation.

Tableau 4 : Innovation et jugement sur la propriété intellectuelle

Montants en milliers d'Euros

	Échantillon Total	Innov. Produit	Innov. Procédé	Innov. Pd. et Pc	Brevetante s	Innov. non brev.
Protection intellectuelle jugée :						
- pas importante	33,5	28,9	33,7	28,8	15,8	55,7
- peu importante	36,0	37,9	36,1	38,5	43,8	26,4
- importante	30,5	33,2	30,2	32,7	40,5	17,9
Proj. Innov. Multiples (%)	61,6	68,5	66,6	72,3	77,6	43,0
R&D interne						
Activité (%)	70,5	77,4	70,9	77,7	85,1	53,5
moy.	7 384	8 230	9 319	10 075	10 007	1 904
Q1	152	152	152	152	228	76
med.	520	610	730	763	913	152
Q3	2 166	2 567	3 046	3 356	3 400	730
R&D externe						
Activité (%)	29,4	32,4	31,3	34,5	40,6	15,2
moy.	3 160	3 543	3 607	3 906	3 939	543
Q1	46	53	76	76	78	30
med.	152	152	152	183	152	76
Q3	656	761	762	762	762	259
Acquisition de matériels innov.						
Activité (%)	44,0	46,5	48,6	50,8	51,3	36,3
moy.	1 854	2 136	2 022	2 269	2 490	682
Q1	76	76	76	91	91	76
med.	305	305	305	305	305	152
Q3	763	914	869	914	1 065	457

Le tableau 4 rapproche le type des innovations réalisées par les entreprises de leur jugement sur l'importance qu'elles accordent à la propriété intellectuelle. Globalement, un tiers seulement des entreprises pensent que c'est un élément important. Ce chiffre est assez stable quel que soit le « profil innovant ». Logiquement, les entreprises qui brevettent accordent une plus forte importance à la propriété intellectuelle que les autres entreprises, mais le contraste n'est pas aussi fort que l'on pourrait le croire : 60% des entreprises qui brevettent pensent que la propriété intellectuelle n'est pas importante ou peu importante (82% pour les entreprises qui ne brevettent pas).

Tableau 5 : Dépôt de brevet par les entreprises innovantes

En %	Produit	Procédé	Produit et procédé	Produit seul	Procédé seul
Firmes brevetantes	93.7	76.6	70.3	23.4	6.3
Firmes non brevetantes	75.9	78.6	54.5	21.4	24.1
Différence	17.8	-2.0	15.8	2.0	-17.8
(écart-type)	(2.37)	(2.74)	(3.17)	(2.73)	(2.37)
Ensemble des entreprises	86.1	77.4	63.6	22.6	13.9

Lecture : XX% des firmes [ligne] ont innové en [colonne]. La « différence » est un indicateur de différentiel de performance innovante entre les deux populations que sont les entreprises innovantes brevetantes et les entreprises innovantes non brevetantes.

Le tableau 5 permet de faire ressortir l'importance des innovations de produit dans la décision de recourir aux brevets. On peut faire les deux constats suivants. Premièrement, alors que les firmes brevetantes innovent plus souvent en produits que les non-brevetantes, les firmes brevetantes n'innovent pas plus souvent en procédé que les autres entreprises. Deuxièmement, alors que les firmes brevetantes ont la même probabilité d'innover en produits seuls que les non brevetantes, les firmes brevetantes ont une probabilité quatre fois plus faible d'innover en procédé seul que les non-brevetantes. Ces deux résultats suggèrent qu'il existe une relation particulière entre l'innovation de produit et le dépôt de brevet.

Le but de cet article est d'examiner plus rigoureusement, par des méthodes de régression, dans quelle mesure les innovations sont brevetées et si les brevets influencent les performances innovantes des entreprises.

III - Estimation du modèle

III.1 Traitement des biais de sélection

Le modèle structurel prend la forme suivante :

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* &= \alpha_{\text{prod}} P^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{prod}} + u_{\text{prod}} - \alpha_{\text{prod}} \times \varepsilon \\ \mu_{\text{proc}}^* &= \alpha_{\text{proc}} P^* + X_{\text{inno}} \beta_{\text{proc}} + u_{\text{proc}} - \alpha_{\text{proc}} \times \varepsilon \\ P^* &= \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \mu_{\text{prod}}^* + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \mu_{\text{proc}}^* + X_{\text{appro}} \beta_{\text{brev}} + \varepsilon \end{cases}$$

Les variables latentes introduites dans le modèle ne sont pas directement observables ; seules sont observées les fonctions suivantes de ces variables :

$$\begin{cases} \text{Prod} &= \mathbf{1}(\mu_{\text{prod}}^* > 0) \\ \text{Proc} &= \mathbf{1}(\mu_{\text{proc}}^* > 0) \\ \text{Brev} &= \mathbf{1}(P^* > 0) \times \mathbf{1}(\max(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*) > 0) \end{cases}$$

En particulier, la variable latente associée au dépôt de brevet est censurée par la variable aléatoire suivante :

$$\mathbf{1}(\max(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*) > 0)$$

En effet, seules les entreprises qui ont effectivement innové répondent à la question sur le dépôt de brevet dans les questionnaires FIT et CIS2. D'un point de vue économique, on peut certes penser que l'anticipation de dépôt de brevet a un impact *ex ante* sur le comportement d'innovation (cf. ci-dessus, anticipations de profit). Dans les faits cependant, les entreprises qui ont innové peuvent seules demander un brevet en raison de l'exigence de nouveauté.

La non prise en compte de cette censure introduit potentiellement un biais de sélection car la perturbation de l'équation de brevet est *a priori* corrélée avec les perturbations des équations de valeur des innovations de produits et de procédés - ce que nos estimations nous permettront de vérifier.⁷

L'estimation du modèle est effectuée en deux temps :

1. Nous estimons la forme réduite du modèle. Nous supposons que le vecteur des perturbations du modèle est gaussien, et nous estimons donc ce modèle par le maximum de vraisemblance simulé, à l'aide d'un simulateur GHK permettant de prendre en compte dans une certaine mesure la structure de corrélation des perturbations.
2. Nous utilisons la méthode des moindres carrés asymptotiques pour obtenir les paramètres structurels du modèle (α et β). Cette méthode permet de tester simplement la validité de notre modèle, par un test de suridentification.

⁷ A notre connaissance, la seule étude à prendre ce type de problème en compte dans le cadre de l'analyse de comportements d'innovation est Monjon et Waelbroeck (2003).

III.2 Maximum de vraisemblance simulé

La forme réduite du modèle latent contient des perturbations normales trivariées avec :

$$\begin{cases} \mu_{\text{prod}}^* &= X\pi_1 + \eta_1 \\ \mu_{\text{proc}}^* &= X\pi_2 + \eta_2 \\ P^* &= X\pi_3 + \eta_3 \end{cases} \quad \eta = \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{pmatrix} \text{ iid } N[0, \Sigma], \quad \Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & 1 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 1 \end{pmatrix}$$

La log-vraisemblance correspondante s'écrit donc :

$$\ell = \sum_{i|\max(\text{Prod}, \text{Proc})=1} \ln \Pr[\text{Prod}_i, \text{Proc}_i, \text{Brev}_i | X_i, \pi, \Sigma] + \sum_{i|\max(\text{Prod}, \text{Proc})=0} \ln \Pr[\text{Prod}_i, \text{Proc}_i | X_i, \pi, \sigma_{12}]$$

Les quantités qui nécessitent un traitement particulier sont les quantités du premier type, lesquelles font intervenir des intégrales triples. Par exemple, la probabilité qu'une entreprise effectue les deux types d'innovation et brevete, notée p_{111} , est égale à :

$$\begin{aligned} p_{111} &= \Pr[\text{Prod}_i = 1, \text{Proc}_i = 1, \text{Brev}_i = 1 | X_i, \pi, \Sigma] \\ &= \int_{-X\pi_1}^{+\infty} \int_{-X\pi_2}^{+\infty} \int_{-X\pi_3}^{+\infty} \varphi_3(\eta_1, \eta_2, \eta_3 | X, \pi, \Sigma) d\eta_1 d\eta_2 d\eta_3 \end{aligned}$$

où $\varphi_3(\cdot)$ est la densité de la loi normale trivariée. Pour évaluer cette quantité, on utilise d'abord la relation de Bayes :

$$\begin{aligned} p_{111} &= \Pr[\eta_1 > -X\pi_1, \eta_2 > -X\pi_2, \eta_3 > -X\pi_3] \\ &= \Pr[\eta_1 > -X\pi_1] \times \Pr[\eta_2 > -X\pi_2 | \eta_1 > -X\pi_1] \times \Pr[\eta_3 > -X\pi_3 | \eta_1 > -X\pi_1, \eta_2 > -X\pi_2] \end{aligned}$$

Puisque Σ est une matrice définie positive, on peut trouver une matrice triangulaire inférieure Λ telle que $\Sigma = \Lambda\Lambda'$ (décomposition de Cholesky). On donc poser :

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \lambda_{11}v_1 \\ \eta_2 &= \lambda_{21}v_1 + \lambda_{22}v_2 \\ \eta_3 &= \lambda_{31}v_1 + \lambda_{32}v_2 + \lambda_{33}v_3 \end{aligned}$$

où $v = (v_1, v_2, v_3)'$ est un vecteur normal centré et réduit. On a :

$$\begin{aligned} p_{111} &= \Pr\left[v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}\right] \times \Pr\left[v_2 > -\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}v_1}{\lambda_{22}} \mid v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}\right] \\ &\quad \times \Pr\left[v_3 > -\frac{X\pi_3 + \lambda_{31}v_1 + \lambda_{32}v_2}{\lambda_{33}} \mid v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}, v_2 > -\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}v_1}{\lambda_{22}}\right] \end{aligned}$$

Supposons maintenant que \tilde{v}_1 soit une variable aléatoire tronquée inférieurement en $-X\pi_1/\lambda_{11}$ et que \tilde{v}_2 soit une variable aléatoire normale tronquée inférieurement en $-(X_2\pi_2 + \lambda_{21}v_1)/\lambda_{22}$, on a alors :

$$p_{111} = \Pr \left[v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}} \right] \times \Pr \left[v_2 > -\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}\tilde{v}_1}{\lambda_{22}} \right] \times \Pr \left[v_3 > -\frac{X\pi_3 + \lambda_{31}\tilde{v}_1 + \lambda_{32}\tilde{v}_2}{\lambda_{33}} \right]$$

Nous simulons $D = 50$ tirages des variables aléatoires $(\tilde{v}_1, \tilde{v}_2)$ et nous approximations p_{111} par la quantité suivante :

$$\bar{p}_{111} = \frac{1}{D} \sum_{d=1}^D \Phi \left(-\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}} \right) \Phi \left(-\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}\tilde{v}_1^d}{\lambda_{22}} \right) \Phi \left(-\frac{X\pi_3 + \lambda_{31}\tilde{v}_1^d + \lambda_{32}\tilde{v}_2^d}{\lambda_{33}} \right)$$

où $\Phi(\cdot)$ est la fonction de répartition de la loi normale centrée-réduite. Les autres probabilités sont approximées de la même manière et introduites dans la log-vraisemblance ; cette dernière est ensuite maximisée à l'aide des procédures numériques disponibles sous SAS-IML.

III.3 Moindres carrés asymptotiques

L'estimateur du modèle Probit trivarié censuré obtenu précédemment est un estimateur du (pseudo-)maximum de vraisemblance simulé. Soit $\hat{\pi} = (\hat{\pi}_1', \hat{\pi}_2', \hat{\pi}_3')$ le vecteurs des estimateurs des paramètres au premier ordre ; ce vecteur est asymptotiquement normal :

$$\sqrt{n}(\hat{\pi} - \pi) \xrightarrow{d} N(0, J^{-1}IJ^{-1})$$

$$\text{avec } J = E \left(-\frac{\partial^2 \ell}{\partial \pi \partial \pi'}(\pi) \right) \text{ et } I = E \left(\frac{\partial \ell}{\partial \pi}(\pi) \frac{\partial \ell}{\partial \pi'}(\pi) \right)$$

Afin de retrouver les paramètres de la forme structurelle du modèle, on utilise les contraintes identifiantes. Pour cela, on introduit les matrices d'exclusion A_j suivantes :

$$XA_j = X_j \quad \text{avec } j \in \{\text{prod, proc, brev}\}$$

En utilisant les espérances mathématiques des formes réduite et structurelle du modèle, ainsi que les matrices d'exclusion, on obtient :

$$\begin{aligned} X\pi_1 &= \alpha_{\text{prod}} X\pi_3 + X A_{\text{prod}} \beta_{\text{prod}} \\ X\pi_2 &= \alpha_{\text{proc}} X\pi_3 + X A_{\text{proc}} \beta_{\text{proc}} \\ X\pi_3 &= \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} X\pi_1 + \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} X\pi_2 + X A_{\text{brev}} \beta_{\text{brev}} \end{aligned}$$

Comme la matrice X est de plein rang colonne, on obtient les contraintes identifiantes suivantes :

$$\begin{aligned} \pi_1 - \alpha_{\text{prod}} \pi_3 - A_{\text{prod}} \beta_{\text{prod}} &= 0 \\ \pi_2 - \alpha_{\text{proc}} \pi_3 - A_{\text{proc}} \beta_{\text{proc}} &= 0 \\ \pi_3 - \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \pi_1 - \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \pi_2 - A_{\text{brev}} \beta_{\text{brev}} &= 0 \end{aligned}$$

En posant :

$$\beta_1 = \begin{pmatrix} \alpha_{\text{prod}} \\ \beta_{\text{prod}} \end{pmatrix}, \beta_2 = \begin{pmatrix} \alpha_{\text{proc}} \\ \beta_{\text{proc}} \end{pmatrix} \text{ et } \beta_3 = \begin{pmatrix} \alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} \\ \alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} \\ \beta_{\text{brev}} \end{pmatrix},$$

on obtient la relation suivante, linéaire par rapport aux paramètres de la forme structurelle :

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \pi_1 \\ \pi_2 \\ \pi_3 \end{pmatrix}}_{\pi} = \underbrace{\begin{pmatrix} \pi_3 & A_{\text{prod}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_3 & A_{\text{proc}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_1 & \pi_2 & A_{\text{brev}} \end{pmatrix}}_H \underbrace{\begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix}}_{\beta}$$

Dans la terminologie usuelle des moindres carrés asymptotiques, π est appelé le paramètre auxiliaire (forme réduite) et β le paramètre d'intérêt (forme structurelle). Pour obtenir une estimation convergente et asymptotiquement normale du paramètre d'intérêt, on remplace le paramètre auxiliaire par son estimation dans la relation précédente, ce qui donne :

$$\hat{\pi} = \hat{H}\beta + \omega,$$

où ω est un terme d'erreur provenant du remplacement du paramètre π par son estimateur. La matrice de covariance de ce terme d'erreur est égale à :

$$V(\omega) = M V(\hat{\pi}) M' \text{ avec } M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\alpha_{\text{prod}} \\ 0 & 1 & -\alpha_{\text{proc}} \\ -\alpha_{\text{brev}}^{\text{prod}} & -\alpha_{\text{brev}}^{\text{proc}} & 1 \end{pmatrix} \otimes I_g$$

où g est le nombre de variables explicatives de la forme réduite (i.e., le nombre de colonnes de X). Dans un premier temps, on effectue donc des moindres carrés ordinaires afin d'estimer M de manière convergente. Dans un second temps, on effectue des moindres carrés quasi généralisés en utilisant $\hat{V}(\omega) = \hat{M} \hat{V}(\hat{\pi}) \hat{M}'$.

Enfin, comme le modèle est suridentifiable, on peut effectuer un test de validité des contraintes (sur-) identifiantes à partir de la statistique suivante :

$$S = \hat{\omega}' \hat{V}(\hat{\omega})^{-1} \hat{\omega},$$

sous l'hypothèse nulle de validité des contraintes identifiantes⁸, cette statistique est asymptotiquement distribuée selon une distribution du khi-deux à $g - k$ degrés de liberté, où g est le nombre de paramètres (au premier ordre) de la forme réduite et k le nombre de paramètres (au premier ordre) de la forme structurelle. Notre modèle est validé par les données.

⁸ Ou plus précisément d'existence d'un estimateur compatible avec ces contraintes suridentifiantes.

IV - Résultats

IV.1 Équations réduites de comportement d'innovation et de dépôt de brevet : des estimations conformes à la littérature

Les estimations sont présentées dans le tableau 6. La forme réduite du modèle permet de comparer nos résultats avec ceux de la littérature antérieure. Les entreprises qui ont la plus forte probabilité de breveter sont celles qui font le plus de recherche interne et externe, qui travaillent sur plusieurs projets en parallèle, qui sont de grande taille et qui ont un taux de marge élevé. La plupart de ces déterminants sont similaires à ceux de l'innovation. Remarquons ici que l'on ne peut distinguer les déterminants du dépôt de brevet de ceux de l'innovation que dans la forme structurelle du modèle. On notera toutefois que les opportunités technologiques n'influencent pas le dépôt de brevet, ce qui traduit le fait que toutes choses égales par ailleurs, les entreprises innovantes qui exercent une activité à forte base scientifique n'ont pas une probabilité de breveter plus importante que les entreprises innovantes des activités à faible base scientifique et technologique.

La forme réduite de l'équation d'innovation de produit fournit des résultats connus dans la littérature : la probabilité d'innover croît avec les dépenses de recherche interne, les opportunités technologiques, le fait d'exporter mais également avec l'importance des droits de propriété industriels. Deux autres variables ont un effet important : le fait de travailler sur plusieurs projets en parallèle augmente la probabilité d'innover en produit alors que, au contraire, la probabilité d'être imité par les concurrents réduit la probabilité d'innover. Ici encore, certains de ces effets peuvent provenir du fait que la valeur de l'innovation dépend du dépôt éventuel de brevet. La forme structurelle sera donc nécessaire pour identifier et distinguer les déterminants du brevet des déterminants de l'innovation de produit.

Par rapport aux innovations de produit, les innovations de procédé reposent sur un processus plus informel basé sur les achats de biens d'équipement (innovation incorporée). Ceci rejoint les conclusions d'études antérieures qui obtiennent un résultat similaire pour les innovations incrémentales de procédé (Duguet, 2002). La probabilité d'innover en procédés augmente également avec la taille de l'entreprise, le fait de travailler sur plusieurs projets en parallèle et avec les opportunités technologiques. On remarque que l'innovation de procédé ne dépend pas de l'importance des droits de propriété industriels. La raison souvent invoquée pour expliquer ce résultat est que les innovations de procédés sont mieux protégées que les innovations de produit par le secret commercial. En effet, les innovations de produit peuvent être achetées par les concurrents (*reverse engineering*), contrairement aux innovations de procédé non commercialisées (l'espionnage industriel est plus difficile - et interdit).

IV.2 Le système de brevets stimule les innovations de produits, mais pas les innovations de procédés

La forme structurelle permet d'étudier les interactions entre le dépôt de brevet et les incitations à innover. Cette question est connexe à celle de l'appréciation de la qualité des données de brevets, utilisées notamment dans les comparaisons internationales de performances innovantes.

L'ensemble des régressions effectuées nous permet de conclure que seule l'innovation de produit a un effet significatif sur le dépôt de brevet. Les entreprises préfèrent donc recourir au secret pour protéger leurs procédés. Ceci n'empêche pas, bien entendu, que certains procédés soient brevetés, mais il est vraisemblable qu'ils le sont lorsque l'entreprise réalise à la fois des innovations de produit et de procédé

(i.e. lorsque ces deux types d'innovations sont complémentaires). Les statistiques de brevet seraient donc biaisées en faveur de l'innovation de produit.

Le dépôt de brevet augmente également avec l'importance que l'entreprise accorde aux droits de propriété industriels ainsi qu'avec la diversification de l'entreprise. L'ensemble de ces variables rend compte de manière satisfaisante de l'hétérogénéité des entreprises puisque les indicatrices sectorielles ne sont pas significatives.

L'existence d'une protection par le brevet trouve sa justification dans la volonté d'augmenter le rendement privé de la recherche. Nous trouvons que c'est bien le cas quand cette recherche concerne un produit nouveau. La protection par le brevet augmente la valeur des innovations de produit et, en conséquence, doit inciter les entreprises à faire plus de recherche qu'en l'absence de protection. Ce point est également confirmé par l'effet sur le comportement d'innovation de produit d'une seconde variable : le taux d'imitation des produits. Calculé au niveau sectoriel, il donne le pourcentage d'entreprises qui réalisent des produits nouveaux pour elles mais pas pour le marché. L'effet de cette variable est négatif sur l'innovation de produit : il subsiste donc des problèmes d'appropriation même lorsqu'on a pris en compte la protection par le brevet. Le modèle originel introduit ce taux d'imitation dans toutes les équations : le seul effet significatif au seuil de 5% se trouve dans l'innovation de produit. On peut donc en conclure que l'imitation réduit le rendement privé des seules innovations de produit. Dans notre système, ceci implique également une baisse des dépôts de brevets au travers de la baisse du nombre d'innovateurs. Globalement, le système de brevet encourage les investissements privés en R&D sur les produits nouveaux. Les autres déterminants de l'innovation de produit s'accordent avec la littérature antérieure : les dépenses de recherche, les opportunités technologiques, la diversification et le fait d'exporter augmentent la valeur des innovations de produit.

L'innovation de procédé obéit à des déterminants différents. Le brevet n'a aucune influence sur la probabilité d'innover en procédé. Ce point conforte le résultat que nous avons obtenu lors de l'estimation de l'équation de brevet : puisque le procédé n'est pas la motivation du dépôt de brevet, il n'est pas surprenant que le brevet n'affecte pas directement la valeur de l'innovation de procédé. Les entreprises qui innoveront en procédés préfèrent le secret. Le rendement privé de l'innovation de procédé est donc indépendant du brevet. Ce point est renforcé par l'absence de corrélation entre les perturbations de l'équation de brevet et de l'équation d'innovation de procédé. L'innovation de procédé serait donc conditionnellement indépendante du dépôt de brevet (sous hypothèse de normalité). Les variables qui augmentent la valeur du procédé sont l'achat de biens d'équipements, le fait de mener plusieurs projets en parallèle et la taille de l'entreprise. Ce résultat suggère que les procédés seraient brevetés seulement lorsqu'ils sont associés à un produit innovant requérant un processus de fabrication lui-même innovant. Ceci implique également qu'une partie du savoir-faire technologique ne transite pas via le système de brevet mais nécessite d'autres moyens de diffusion des connaissances, comme la coopération inter-entreprises par exemple.

Tableau 6 : Estimation du modèle

	Forme Réduite			Forme Structurelle		
	Brevet	Produit	Procédé	Brevet	Produit	Procédé
Brevet	-	-	-	-	0,35** (0,12)	0,03 (0,12)
Produit	-	-	-	0,77** (0,22)	-	-
Procédé	-	-	-	0,53 (0,41)	-	-
Importance des DPI (ref. Faible)						
modérée	0,78** (0,13)	0,25** (0,11)	0,03 (0,12)	0,56** (0,16)	-	-
forte	0,99** (0,14)	0,38** (0,13)	0,01 (0,13)	0,71** (0,19)	-	-
R&D interne (réf. Nulle)						
modérée	0,24* (0,14)	0,43** (0,12)	-0,20 (0,14)	-	0,36** (0,12)	-0,19 (0,14)
forte	0,56** (0,15)	0,76** (0,15)	-0,04 (0,15)	-	0,55** (0,16)	-0,04 (0,17)
R&D externe (réf. Nulle)						
modérée	0,26* (0,15)	0,23 (0,16)	0,09 (0,15)	-	0,17 (0,12)	0,09 (0,14)
forte	0,38** (0,17)	-0,06 (0,16)	0,05 (0,14)	-	0,06 (0,13)	0,16 (0,14)
Dépenses matériel et équipt (réf. Nulle).						
modérée	0,10 (0,14)	-0,08 (0,14)	0,40** (0,14)	-	-0,16 (0,14)	0,40** (0,14)
forte	-0,05 (0,14)	-0,07 (0,12)	0,21* (0,12)	-	-0,12 (0,10)	0,18 (0,12)
Projets innovants multiples (réf. Non)						
oui	0,35** (0,12)	0,23** (0,56)	0,28** (0,12)	0,01 (0,20)	0,12 (0,13)	0,28** (0,14)
Opportunités technologiques (réf. Nulles)						
modérée	0,17 (0,12)	0,49** (0,10)	0,22** (0,11)	-0,32 (0,20)	0,43** (0,11)	0,21* (0,11)
forte	0,18 (0,14)	0,48 (0,14)	0,27* (0,15)	-0,33 (0,25)	0,41** (0,15)	0,27* (0,15)
Caractéristiques firmes :						
log (CA)	0,23** (0,04)	0,06 (0,04)	0,12** (0,04)	0,12 (0,08)	-0,02 (0,05)	0,11** (0,05)
tx de marge	1,45** (0,69)	0,08 (0,61)	0,50 (0,63)	1,22 (0,92)	-0,50 (0,66)	0,47 (0,65)
diversification	-0,04 (0,16)	-0,39** (0,17)	-0,26 (0,17)	0,43* (0,26)	0,40** (0,18)	-0,25 (0,17)
ind. exportation	-0,10 (0,18)	0,28** (0,13)	-0,02 (0,17)	-0,33 (0,24)	0,34** (0,14)	-0,02 (0,17)
concentration du marché	0,03 (0,06)	0,05 (0,05)	-0,03 (0,06)	0,01 (0,08)	0,04 (0,05)	-0,03 (0,06)
Caractéristiques secteur :						
log(tx d'imitation)	-1,18 (0,77)	-1,49** (0,64)	-0,25 (0,73)	-	-1,04** (0,44)	-
Indicatrices sectorielles :						
C1 : Habillement, cuir	-0,88** (0,44)	-0,23 (0,26)	-0,01 (0,35)	-0,74 (0,49)	0,10 (0,33)	0,02 (0,37)
C2 : Edition, imprim., repr.	-0,57 (0,50)	-0,45* (0,24)	0,03 (0,36)	-0,30 (0,56)	-0,22 (0,32)	0,05 (0,36)
D0 : Industrie automobile	-0,13 (0,27)	-0,40* (0,21)	0,01 (0,25)	0,18 (0,35)	-0,36 (0,22)	0,02 (0,37)
E1 : Constr. Navale, aéro., fer.	-0,50 (0,47)	-0,73** (0,30)	0,24 (0,45)	-0,09 (0,62)	-0,53 (0,36)	0,30 (0,45)
F3 : Bois, papier	0,24 (0,24)	-0,25 (0,19)	0,35 (0,28)	0,20 (0,35)	-0,30 (0,20)	0,32 (0,28)
F5 : Métallurgie	-0,07 (0,15)	-0,35** (0,12)	-0,09 (0,15)	0,23 (0,21)	-0,32** (0,13)	-0,09 (0,14)
F6 : Compos. Electr. et électron.	-0,24 (0,20)	-0,44** (0,19)	0,02 (0,19)	0,07 (0,28)	-0,33 (0,21)	0,04 (0,19)
Constante (réf. C3-C4-E2-E3-F1-F2-F4)	-4,11** (0,62)	-1,44** (0,56)	-1,62** (0,59)	-2,21** (0,99)	0,03 (0,67)	-1,41** (0,67)
Variance :						
Brevet	1 (imposé)	0,14** (0,06)	0,00 (0,05)			
Produit		1 (imposé)	0,12** (0,05)			
Procédé			1 (imposé)			
Log-vraisemblance		-2208,90				
Test de Suridentification :						
Statistique					3,915	
Degrés de liberté					8	
Probabilité critique					0,865	

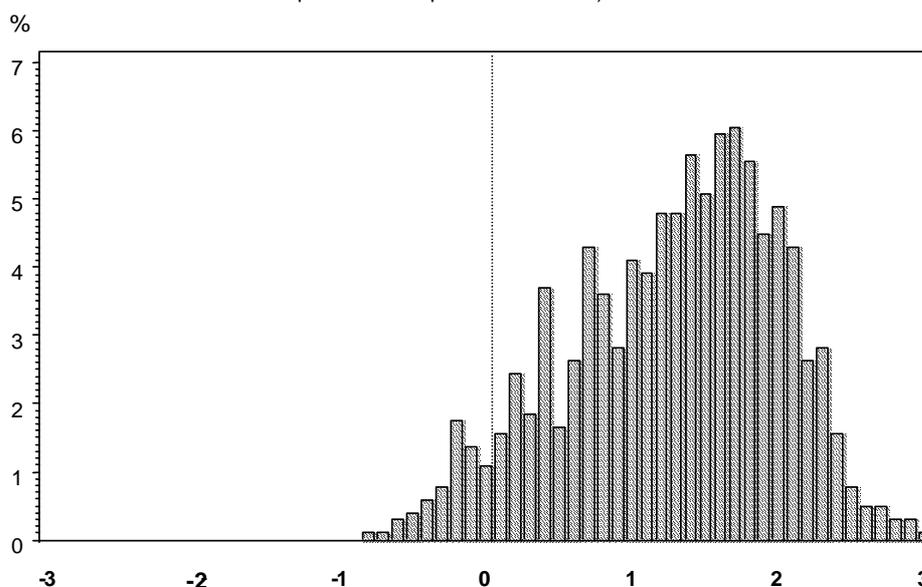
Estimation par maximum de vraisemblance simulé et moindres carrés asymptotiques ; écart-types robustes entre parenthèses.

IV.3 Les distributions des valeurs des innovations sont différenciées selon leur nature - et selon leur degré d' appropriabilité par le brevet

Les estimations que nous avons réalisées permettent également d'examiner la question de la distribution des rendements privés des innovations et du brevet. Suite aux articles de Pakes & Schankerman (1986) et de Scherer (1998), on sait que la distribution des brevets et des innovations est asymétrique, avec quelques innovations (ou brevets) caractérisé(e)s par un rendement privé élevé et un grand nombre d'innovations caractérisées par un rendement privé très faible : la queue de distribution est plus épaisse à gauche (innovations de faible valeur) qu'à droite (innovations de fortes valeurs). Pour examiner ces distributions, nous avons calculé les prévisions des variables latentes des équations de brevet, d'innovation de produit et d'innovation de procédé⁹. Selon le modèle théorique, ces prévisions représentent une estimation, normalisée, de la valeur des brevets et des innovations, agrégées au niveau de l'entreprise. Les graphiques 4 à 6 décrivent les distributions des prévisions des variables latentes $(\mu_{\text{prod}}^*, \mu_{\text{proc}}^*, P^*)$.

Graphique 4 : Valeur de l'innovation de produit

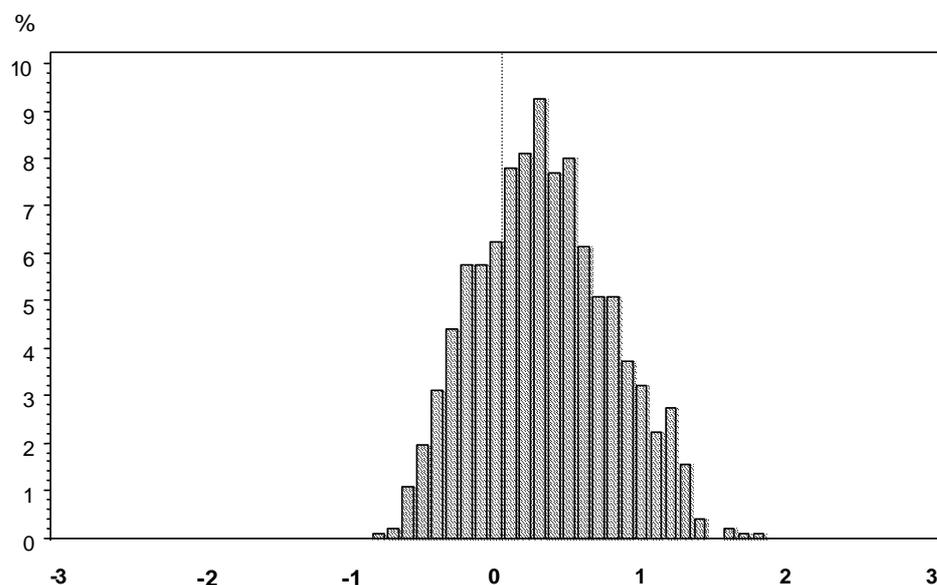
(Note : L'échelle n'a pas beaucoup de signification car elle est liée aux contraintes de normalisation imposées à l'étape de l'estimation)



⁹ Ces prévisions dépendent largement de la qualité de nos variables explicatives exogènes.

Graphique 5 : Valeur de l'innovation de procédé

(Note : L'échelle n'a pas beaucoup de signification car elle est liée aux contraintes de normalisation imposées à l'étape de l'estimation)

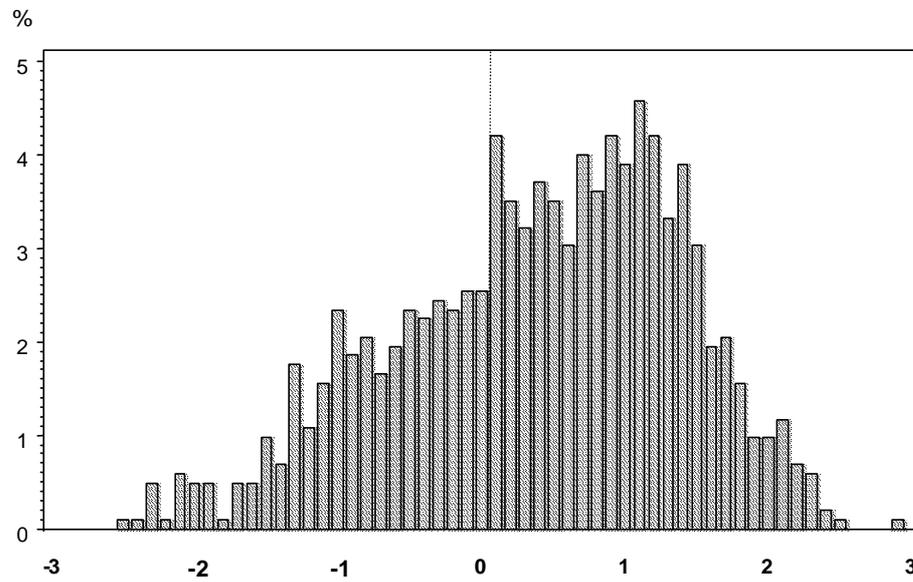


Trois résultats principaux émergent de cette analyse. Premièrement, la distribution de la valeur des procédés est symétrique. La surface représentant les projets effectivement réalisés (valeur positive) est élevée par rapport au total des projets « latents ». Deuxièmement, la distribution de la valeur des innovations de produit est fortement asymétrique, ce qui est en accord avec les études antérieures. Ici également, un grand nombre des innovations de produit potentielles sont effectivement réalisées. Troisièmement, la distribution de la valeur des brevets est clairement influencée par la distribution de la valeur des produits et est également asymétrique. Toutefois on constate une différence nette entre les distributions des valeurs des brevets et des innovations de produit : il y a beaucoup moins de brevets rentables (primes de brevet réellement positives) que d'innovations de produit rentables, ce qui traduit le fait que beaucoup d'innovations de produit ne sont pas brevetées. Ce résultat est en accord avec les études de Levin et al. (1987) et Duguet et Kabla (1998) selon lesquelles le brevet n'est pas le mode d'appropriation préféré des entreprises industrielles. L'avance technologique, le renouvellement rapide des produits, un réseau de distribution performant sont d'autres facteurs alternatifs susceptibles d'améliorer de manière plus efficace le rendement privé de la recherche.

Enfin, nos estimations permettent de proposer une explication à l'asymétrie de la distribution de la valeur des innovations. Un examen du Tableau 6 montre que cette asymétrie proviendrait de la distribution de l'efficacité des droits de propriété intellectuels. Ainsi, il y aurait peu d'innovations de produit de forte valeur et beaucoup d'innovations de faible valeur non pas seulement parce que peu d'idées seraient réellement novatrices, mais également parce que peu d'activités seraient réellement protégées de l'imitation et beaucoup mal protégées par les mécanismes d'appropriation disponibles.

Graphique 6 : Valeur du dépôt de brevet

(Note : L'échelle n'a pas beaucoup de signification car elle est liée aux contraintes de normalisation imposées à l'étape de l'estimation)



Conclusion

Cette étude économétrique permet d'éclairer un certain nombre de questions relatives à l'efficacité du système de brevet et au contenu informationnel des données de brevet.

Il apparaît clairement que l'utilisation des brevets n'est pas un automatisme pour les entreprises et que seuls certains types d'innovation sont brevetés. Ainsi, nous trouvons que seules les innovations de produit contribuent significativement au dépôt de brevet. Les innovations de procédé, au contraire, semblent obéir à une logique relativement indépendante des droits de propriété industriels. De manière symétrique, le système de brevet réussit bien à augmenter le rendement privé des innovations de produit mais n'a pas d'influence significative sur le rendement privé des innovations de procédé. Ce résultat suggère d'approfondir les contributions théoriques modélisant explicitement cette asymétrie de protection par les Droits de Propriété Industriels entre protection des innovations de produit et protection des innovations de procédé. Ce résultat suggère également que les analyses théoriques reposant sur les innovations de produit seraient les plus pertinentes pour traiter de la question des brevets.

Le second point porte sur l'interprétation des statistiques de brevet.¹⁰ Notre analyse met en avant que ces statistiques sont bien représentatives des innovations de produit mais pas de procédé. De même, ces statistiques tendent à sur-représenter les activités où le brevet est un bon outil d'appropriation. Pour cette raison, à *niveau de R&D donné*, les statistiques de brevets tendraient à surestimer l'intensité d'innovation des pays qui sont fortement présents dans les activités où le savoir est aisément codifiable et porte sur un produit (pharmacie, chimie, électronique, composants), et à sous-estimer l'innovation dans les pays qui sont axés sur l'innovation de procédé et où les connaissances employées sont plus difficilement codifiables (imprimerie, bois et papier, construction navale, aéronautique et ferroviaire). Ainsi, la faiblesse des dépenses privées de R&D du secteur manufacturier (2,20% des ventes en 1999 selon les données de l'OCDE) par rapport celles des industries allemande (2,64%), japonaise (3,42%) ou américaine (3,00%) a certainement un impact très négatif sur les performances innovantes comparées de la France par rapport à ces pays. Il reste que la structure industrielle française se surajoute à cet effet pour expliquer la faiblesse du nombre de dépôts de brevets français à l'Office Européen du Brevet. Par exemple, les dépôts de brevets français s'élèvent à 7 070 dépôts en 1999, soit 0,379 brevet déposé par million d'euros de R&D dépensé¹¹, alors que les dépôts allemands s'élèvent pour la même année à 20 678, soit 0,665 par million d'euros de R&D. Ce différentiel de performance est à mettre en regard de structures industrielles nettement différenciées, notamment caractérisées par l'importance en Allemagne des secteurs favorables au dépôt de brevets que sont les secteurs des « machines et équipements » (6,31% de la VA contre 3,64% en France) et de la « chimie et des produits pharmaceutiques » (2,09% de la VA contre 1,90% en France). Plus généralement, il est probable que la faiblesse structurelle du secteur manufacturier français (18,21 % de la VA contre 22,16% pour l'Allemagne par exemple) ainsi que l'inefficacité du brevet pour la protection des innovations du secteur des services¹² ont conjointement un impact négatif non négligeable sur la performance innovante de la France mesurée en termes de dépôt de brevets.

¹⁰ Nous laissons de côté la question de la comparabilité des systèmes de brevets eux-mêmes.

¹¹ Champ : économie entière.

¹² Les innovations du secteur des services sont le plus souvent des innovations assimilables à des innovations de procéd. En particulier, il est probable que les innovations « de process » mobilisant massivement les TIC sont peu brevetées...

Bibliographie

ARORA A., CECCAGNOLI M. et W. M. COHEN (2003), « R&D and the Patent Premium ». NBER Working Paper W9431.

d'ASPREMONT C. et A. JACQUEMIN (1988), « Cooperative and Non Cooperative R&D in Duopoly with Spillovers ». *American Economic Review*, vol. 78, 1133-1197.

BESSEN J. et E. MASKIN (2002), « Sequential Innovation, Patents and Imitation ». MIT Working Paper, Department of Economics.

CASSIMAN, B. et R. VEUGELERS (2002), « R&D Cooperation and Spillovers: some empirical evidence from Belgium ». *American Economic Review*, 92, 4, 1169-1184.

COHEN W. M., NELSON R. R. et J. P. WALSH (2000), « Protecting their Intellectual Assets : Appropriability Conditions and Why Firms Patent or Not ? ». NBER Working Paper, n°7552.

CREPON B., DUGUET E. et J. MAIRESSE (1998), « Research Investement, Innovation and Productivity : an Econometric Analysis ». *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.

DUGUET E. et I. KABLA (1998), « Appropriation Strategy and the Motivations to Use the Patent System in France : An Econometric Analysis at the Firm Level ». *Annales d'Economie et de Statistique*, n°49-50, 290-327.

GINNARTE J.C. et W. G. PARKS (1998). « Determinants of Patent Rights: A Cross-National Study ». *Research Policy*, 26, 283-301.

GUELLEC D. et C. MARTINEZ (2003), « Overview of Recent Trends in Patent Regimes in the United States, Japan and Europe » in *Patents Innovation and Economic Performance*, Proceedings of the OECD Conference on IPR, Innovation and Economic Performance, 28-29 Août 2003, OCDE (à paraître).

GOURIEROUX C., MONFORT A. et A. TROGNON (1985), « Moindres Carrés Asymptotiques », *Annales de l'INSEE*, vol. 58.

HALL B. H. et R. H. ZIEDONIS (2001), « The Patent Paradox Revisited : an Empirical Study of Patenting in the U.S. Semiconductor Industry, 1979-1995" ». *Rand Journal of Economics*, n° 32, 101-128.

JORDE T. et D. TEECE (1990), « Innovation and Cooperation: Implications for Competition and Antitrust », *Journal of Economic Perspectives*, 4:3 (Summer), 75-96.

LEVIN R. C., KLEVORICK A. K., NELSON R. R. et S. G. WINTER (1987), « Appropriating the Returns to Industrial R&D », *Brookings Papers on Economic Activity*, 783-820.

LOLLIVIER S. (2003), *Econométrie avancée des variables qualitatives*. Polycopié de cours de l'ENSAE.

MONFORT A. (2003), « Modèles statistiques dynamiques à variables cachées », cours de l'ENSAE.

MONJON S. et P. WALBROECK (2003), « Assessing Spillovers from Universities to Firms: Evidence from French Firm-level Data ». *International Journal of Industrial Organization*, 21 (9), 1255-1270.

MOSER P. (2003). « How Do Patent Laws Influence Innovation? Evidence from Nineteenth-Century World Fairs ». NBER Working Paper w9909.

PARK W. G. et J. C. GINARTE (1997), « Intellectual Property Rights and Economic Growth ». *Contemporary Economic Policy*, XV, 51-61.

PAKES A. (1986), « Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks ». *Econometrica*, Vol. 54 (4), 755-84.

PAKES A. et M. SCHANKERMAN (1986). « Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period ». *Economic Journal* (December), 1052-1076.

SAKAKIBARA M. et L. BRANSTETTER (1999), « Do Stronger Patents Induce More Innovation? Evidence from the 1988 Japanese Patent Law Reforms ». NBER Working Paper W7066.

SCHERER F. M. (1998), « The Size Distribution of Profits from Innovation ». *Annales d'Economie et de Statistique*, n°49/50, 495-516.

TIROLE J., C. HENRY, M. TROMETTER, L. TUBIANA et B. CAILLAUD (2003), *Propriété Intellectuelle*, Rapport du CAE, 41.

Annexe 1 : Les sources

Le concept d'innovation utilisé dans les deux enquêtes que nous utilisons reprend le concept d'innovation défini dans le *Manuel d'Oslo* de l'OCDE. Les innovations technologiques couvrent les produits et procédés technologiquement nouveaux, ainsi que les améliorations technologiques importantes de produits et procédés existants. Soit ces innovations sont réalisées par une entreprise en s'inspirant des concurrents (innovation incrémentale), soit l'entreprise est la première à occuper le marché : on parle dans ce dernier cas d'innovation radicale ou de dépassement. Sont exclus les changements d'ordre purement esthétiques ou organisationnels, les modifications de conditionnement et les changements saisonniers (par exemple).

Enquête sur le Financement de l'Innovation Technologique

Les questions posées dans l'enquête FIT et utilisées ici sont les suivantes :

1. En 1997, 1998 ou 1999, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des produits technologiquement nouveaux (ou technologiquement améliorés) pour votre entreprise ? (OUI/NON).
2. En 1997, 1998 ou 1999, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des procédés technologiquement nouveaux (ou technologiquement améliorés) pour votre entreprise ? (OUI/NON).
3. Menez-vous plusieurs projets technologiquement innovants de front ? (OUI/NON).
4. Fuite des savoirs : Comment évaluez-vous le risque qu'au terme de chaque phase de vos projets technologiquement innovants, d'autres entreprises puissent bénéficier *gratuitement* de vos résultats ?
« Brevet (contrefaçon, contournement) » (sans objet / très faible / faible / fort / très fort).
5. En 1997, 1998 ou 1999, votre entreprise (ou le groupe auquel elle appartient) a-t-elle déposé au moins une demande de brevet en France ou à l'étranger ? (OUI/NON).
6. Considérez-vous que votre *marché de référence* est technologiquement : non innovant / faiblement innovant / moyennement innovant / fortement innovant ?

Enquête « Innovation » CIS2

Les questions posées dans CIS2 et utilisées ici sont les suivantes :

1. Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des produits technologiquement nouveaux (ou améliorés) *pour votre entreprise* ? (OUI/NON).
2. Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des procédés technologiquement nouveaux (ou améliorés) *pour votre entreprise* ? (OUI/NON).

- 3 Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des produits nouveaux (ou améliorés), non seulement pour elle-même, mais aussi *pour son marché* ? (OUI/NON).
- 4 En 1996, votre entreprise a-t-elle été engagée dans les activités suivantes pour innover ? Si oui, montant des dépenses engagées :
- R&D interne à l'entreprise ;
 - R&D acquise à l'extérieur (y.c. à une autre entreprise du groupe) ;
 - Acquisition de machines et équipements liés aux innovations de produits ou procédés.
- 5 Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle déposé au moins une demande de brevet en France ou à l'étranger ? (OUI/NON).

Variables explicatives utilisées

1. *Indicatrices passées de l'introduction d'innovations de produit, de procédé ; de dépôt de brevet* : Indicatrices directement disponibles dans CIS2.
2. *Importance des droits de propriété industriels* : Correspond à la question 4 de FIT (la modalité de référence correspond à « sans objet »; la modalité intermédiaire correspond au regroupement des modalités « très faible / faible », la modalité forte correspond au regroupement des modalités « fort / très fort »).
3. *Jugement individuel porté sur le degré d'opportunité technologique du secteur d'activité*. Correspond à la question 6 de FIT (la modalité de référence correspond à « non innovant »; la modalité intermédiaire correspond au regroupement des modalités « faiblement / moyennement innovant », la modalité forte correspond à « fortement innovant »).
4. *Variables de R&D interne, externe, de dépenses en machines et équipements innovants* : Variables construites à partir de la question 3 de CIS2. Pour chacune d'elles, la modalité de référence correspond à une absence de dépense ; la modalité intermédiaire correspond à un montant de dépenses rapporté au chiffre d'affaires inférieur à la médiane du sous-échantillon des entreprises qui engagent le type de dépenses considérées ; enfin la modalité forte correspond à un montant supérieur à la médiane. Nous avons choisi de discrétiser ces variables afin de faciliter l'optimisation (plus rapide apparemment).
5. *Variable de taille* : logarithme du chiffre d'affaires en 1996.
6. *Diversification* : logarithme de l'inverse de l'indice de Herfindahl (« nombre équivalent d'activités ») calculé sur la ventilation des ventes de la firme entre ses différentes activités. Pour une entreprise i possédant k_i activités :

$$H_i = \sum_{k=1}^{k_i} \left(\frac{S_{i,k}}{S_i} \right)^2 \text{ et l'on utilise } \ln(\text{DIV}_i) = \ln(1/H_i),$$

notons que lorsque les activités d'une entreprise sont équiréparties ($S_{i,k}/S_i = 1/k_i, \forall k = 1, \dots, k_i$), le nombre équivalent DIV_i est égal au nombre réel d'activités k_i .

7. *Indice de concentration moyen des marchés de l'entreprise*

Soit H_k l'indice d'Herfindahl décrivant la concentration du marché k :

$$H_k = \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{S_{i,k}}{S_k} \right)^2$$

où n_k est le nombre d'entreprises sur le marché. L'indice de concentration moyen est défini par l'expression suivante :

$$H_i = \sum_{k=1}^{k_i} \frac{S_{i,k}}{S_i} \times H_k,$$

la quantité $1/H_i$ mesure alors le nombre équivalent de concurrents ; nous introduisons son logarithme dans les régressions.

8. *Indice de Lerner :*

$L_i = EBE/CA$, une approximation comptable de $(p-c)/p$. Cette variable reflète la capacité de l'entreprise à élever son prix p au-dessus du coût marginal c et mesure donc le pouvoir de marché de l'entreprise.

9. *Indicatrice d'exportations positives en 1996 (DEXP).*

10. *Variables de description sectorielle :* Outre certaines indicatrices sectorielles (niveau de décomposition NAF36) nous introduisons le logarithme d'une variable de taux d'imitation des produits, construite à partir des données de l'enquête innovation CIS2. Cette variable permet de mesurer un degré de concurrence entre firmes par le degré de substituabilité entre leurs produits innovants (en supposant que des imitations correspondent à des produits substituables, donc à un degré de concurrence accru).

La variable d'imitation que nous utilisons est basée sur la convention suivante. En notant :

- p_k la proportion d'innovateurs de produits dans le secteur k (au niveau NES114) ;
- p_k^I la proportion d'innovateurs-imitateurs de produits dans le secteur k ;
- p_k^M la proportion d'innovateurs réels, avec un produit nouveau pour le marché, dans le secteur k ;

On a : $p_k = p_k^I + p_k^M$ et le taux d'imitation est défini par :

$$TI_k = \frac{p_k^I + p_k^M/2}{p_k},$$

le coefficient $1/2$ repose sur l'hypothèse que les innovateurs réels sont également des imitateurs pour certaines de leurs innovations. Une mesure alternative et *a priori* plus satisfaisante basée sur les pourcentages de chiffres d'affaires (réalisés respectivement en ventes innovantes pour l'entreprise ou en ventes innovantes pour son marché) donne de moins bons résultats (non reportés), y compris pour des statistiques descriptives simples. Cette observation laisse penser que ces pourcentages de chiffres d'affaires innovants sont affectés d'une erreur de mesure importante.

Annexe 2 : Variable sur l'efficacité du système des droits de propriété industriels

La variable de jugement sur l'efficacité des droits de propriété industriels repose sur la question suivante de l'enquête FIT :

« Comment évaluez-vous le risque qu'au terme de chaque phase de vos projets technologiquement innovants, d'autres entreprises puissent bénéficier *gratuitement* de vos résultats ?

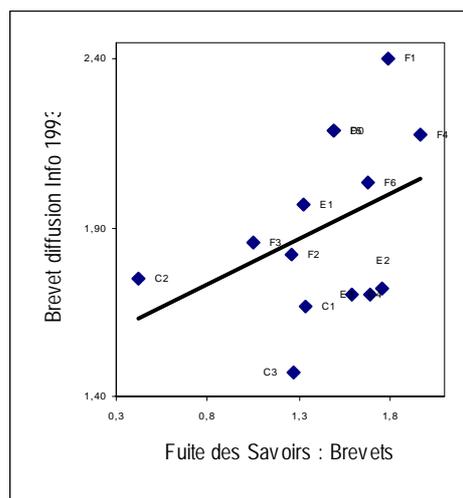
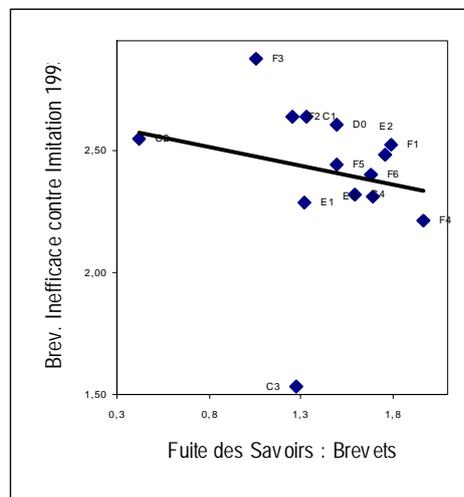
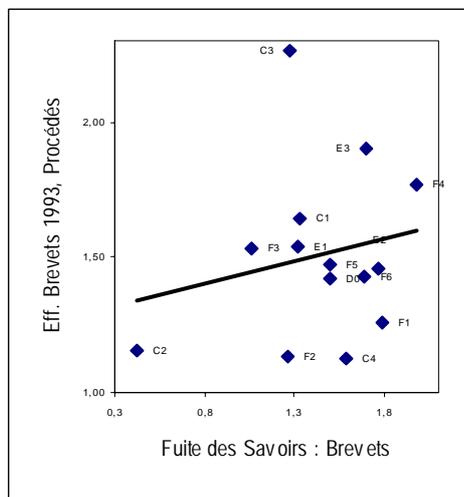
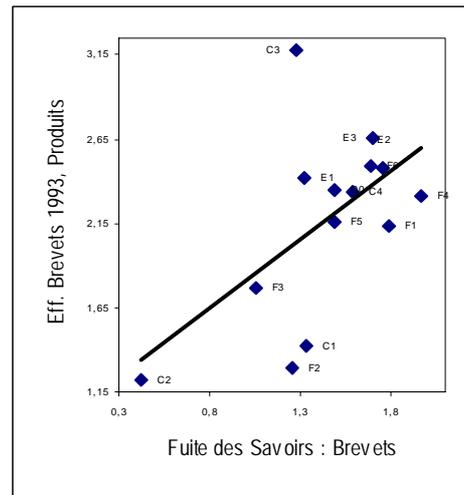
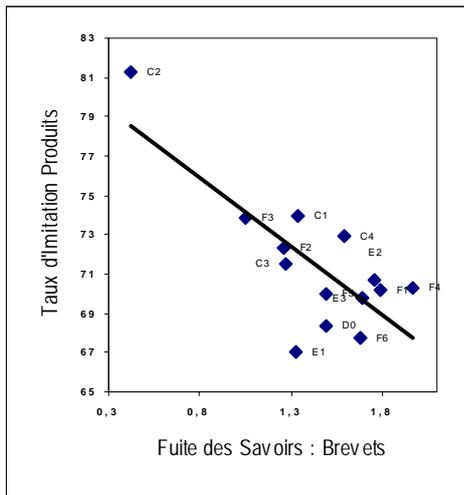
Brevet (contrefaçon, contournement) : sans objet / très faible / faible / fort / très fort. »

Nous l'interprétons comme une variable exprimant le degré d'importance que les entreprises accordent à la protection par le brevet, ainsi qu'un jugement sur l'efficacité de ce système. Toutefois, comme la question n'est pas formulée exactement de cette manière, l'interprétation doit être validée par d'autres mesures. Nous avons donc examiné la corrélation entre la réponse à la question précédente et les mesures suivantes : le jugement sur l'efficacité des brevets tirés de l'enquête Innovation de 1993 et la variable de taux d'imitation des produits sur la période antérieure (1994-96). Le tableau suivant donne les corrélations entre ces différentes mesures (calculées au niveau NES114).

Mesure de l'efficacité des brevets	
Variables	Corrélation Pearson
1993 : Efficacité des Brevets pour protéger les produits (score 1-4)	0,59** (0,025)
1993 : Efficacité des Brevets pour protéger les procédés (score 1-4)	0,18 (0,536)
1993 : Le brevet n'empêche pas les concurrents de vous imiter (score 1-4)	-0,32 (0,272)
1993 : Le brevet divulgue trop d'information (score 1-4)	0,49* (0,079)
FIT : Fuite des savoirs, Recherche exploratoire	0,90** (<0.001)
FIT : Fuite des savoirs, R\&D	0,96** (<0.001)

Probabilité critique entre parenthèses. ** : significatif à 5% ; * : significatif à 10%.

Les graphiques suivants permettent d'illustrer plus en détail les corrélations précédentes. La variable d'efficacité des droits de propriété industriels que nous utilisons est positivement corrélée avec l'efficacité des brevets de l'enquête Appropriation de 1993 et négativement corrélée avec le taux d'imitation des produits de la période 1994-96. Elle est également positivement corrélée avec le jugement selon lequel que le brevet divulgue trop d'information, ce qui n'est pas contradictoire avec les résultats précédents.



Quelques représentations graphiques de corrélations entre divers indicateurs de jugement porté sur l'efficacité des brevets, au niveau sectoriel

Annexe 3 : Estimation en contrôlant par les comportements d'innovation et de dépôt de brevet passés

Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus en introduisant parmi les variables explicatives la description des comportements passés (1994-1996, alors que la période courante est 1997-1999) d'innovation de produit, de procédé et de dépôt de brevet.

Le but de l'introduction de ces contrôles est de capter d'éventuels « effets fixes » individuels susceptibles de biaiser l'estimation (biais de variable omise).

Malheureusement, ces contrôles semblent capter beaucoup plus que cet effet individuel, comme le montrent les estimations présentées ci-dessous : par exemple, la R&D interne devient non significative dans l'équation d'innovation de produit. La R&D étant une activité le plus souvent persistante, tout l'effet de cette activité est statistiquement capté par la variable d'innovation retardée.

L'innovation de produit et l'innovation de procédé deviennent non significatifs dans l'équation de dépôt de brevet (même type d'explication), mais le dépôt de brevet courant reste fortement significatif dans l'équation d'innovation en produit : ce résultat paraît donc particulièrement robuste.

	Forme Réduite			Forme Structurale		
	Brevet	Produit	Procédé	Brevet	Produit	Procédé
Brevet	-	-	-	-	0.36** (0.14)	0.08 (0.14)
Produit	-	-	-	0.29 (0.34)	-	-
Procédé	-	-	-	0.63 (0.48)	-	-
Brevet retardé	0.87** (0.13)	0.20 (0.14)	-0.09 (0.12)	0.95** (0.18)	-0.17 (0.19)	-0.21 (0.19)
Produit retardé	0.08 (0.16)	0.70** (0.12)	0.03 (0.15)	-0.06 (0.29)	0.66** (0.13)	-0.02 (0.15)
Procédé retardé	-0.18 (0.14)	0.10 (0.12)	0.40** (0.12)	-0.37 (0.27)	0.13 (0.12)	0.38** (0.12)
Importance des DPI (ref. Faible)						
modérée	0.74** (0.13)	0.23** (0.12)	0.07 (0.13)	0.62** (0.16)	-	-
forte	0.87** (0.14)	0.36** (0.13)	0.05 (0.13)	0.75** (0.19)	-	-
R&D interne (réf. Nulle)						
modérée	0.03 (0.16)	0.10 (0.13)	-0.28* (0.16)	-	0.16 (0.13)	-0.19 (0.15)
forte	0.21 (0.18)	0.37** (0.17)	-0.12 (0.17)	-	0.35* (0.17)	-0.04 (0.16)
R&D externe (réf. Nulle)						
modérée	0.20 (0.16)	0.10 (0.18)	0.06 (0.15)	-	0.09 (0.17)	0.10 (0.13)
forte	0.29 (0.18)	-0.13 (0.18)	0.05 (0.15)	-	-0.09 (0.17)	0.15 (0.13)
Dépenses matériel et équipt (réf. Nulle)						
modérée	0.16 (0.15)	-0.25 (0.16)	0.25* (0.15)	-	-0.29* (0.16)	0.28** (0.14)
forte	0.00 (0.15)	-0.26 (0.13)	0.04 (0.13)	-	-0.25* (0.13)	0.07 (0.12)
Projets innovants multiples (réf. Non)						
oui	0.36** (0.12)	0.19 (0.11)	0.26** (0.12)	0.13 (0.21)	0.06 (0.14)	0.24* (0.14)
Opportunités technologiques (réf. Nulles)						
modérée	0.19 (0.12)	0.42** (0.11)	0.21* (0.11)	-0.07 (0.22)	0.35** (0.12)	0.19* (0.12)
forte	0.22 (0.15)	0.44** (0.15)	0.24 (0.15)	-0.06 (0.26)	0.36** (0.17)	0.23* (0.15)
Caractéristiques firmes						
log (CA)	0.19** (0.04)	0.06 (0.04)	0.12** (0.04)	0.10 (0.08)	-0.01 (0.05)	0.10** (0.05)
tx de marge	1.11 (0.72)	0.16 (0.66)	0.53 (0.64)	0.84 (0.86)	-0.38 (0.70)	0.43 (0.65)
diversification	0.03 (0.17)	-0.34* (0.19)	-0.30* (0.18)	0.30 (0.27)	-0.34* (0.19)	-0.28 (0.17)
ind. exportation	-0.12 (0.18)	0.24* (0.13)	-0.05 (0.17)	-0.14 (0.24)	0.28** (0.15)	-0.04 (0.17)
concentration du marché	0.04 (0.06)	0.04 (0.05)	-0.04 (0.06)	0.05 (0.08)	0.03 (0.06)	-0.04 (0.06)
Caractéristiques secteur						
log(tx d'imitation)	-0.82 (0.80)	-1.23* (0.68)	-0.20 (0.74)	-	-1.22** (0.63)	-
Indicatrices sectorielles						
C1 : Habillement, cuir	-0.67 (0.48)	-0.17 (0.28)	0.00 (0.37)	-0.63 (0.49)	0.08 (0.35)	0.07 (0.37)
C2 : Edition, imprim., repr.	-0.49 (0.46)	-0.33 (0.25)	0.04 (0.34)	-0.49 (0.51)	-0.09 (0.33)	0.08 (0.34)
D0 : Industrie automobile	-0.10 (0.26)	-0.40* (0.24)	0.02 (0.25)	0.07 (0.33)	-0.38 (0.29)	0.01 (0.25)
E1 : Constr. Navale, aéro., fer.	-0.49 (0.55)	-0.73** (0.31)	0.24 (0.45)	-0.41 (0.67)	-0.57 (0.38)	0.30 (0.45)
F3 : Bois, papier	0.28 (0.25)	-0.37* (0.21)	0.34 (0.28)	0.12 (0.38)	-0.44** (0.21)	0.30 (0.45)
F5 : Métallurgie	0.00 (0.15)	-0.29** (0.12)	-0.09 (0.15)	0.13 (0.20)	-0.28** (0.14)	-0.09 (0.14)
F6 : Compos. Electr. et électron.	-0.33 (0.22)	-0.46** (0.19)	-0.01 (0.19)	-0.19 (0.28)	-0.36 (0.22)	0.04 (0.20)
Constante (réf. C3-C4-E2-E3-F1-F2-F4)	-3.49** (0.65)	-1.48** (0.61)	-1.69** (0.61)	1.88 (1.09)	-0.31 (0.73)	-1.33** (0.67)
Variance :						
Brevet	1 (imposé)	0.17** (0.06)	0.02 (0.05)			
Produit		1 (imposé)	0.11** (0.05)			
Procédé			1 (imposé)			
Log-vraisemblance		-2152.15				
Test de Suridentification :						
Statistique					4.22	
Degrés de liberté					8	
Probabilité critique					0.837	
Test RV comportement passé						
Statistique					113.5	
Degrés de liberté					9	
Probabilité critique					0.000	

Estimation par maximum de vraisemblance simulé et moindres carrés asymptotiques ; écart-types robustes entre parenthèses.