

Les brevets incitent-ils les entreprises industrielles à innover ?

Un examen microéconométrique

Emmanuel Duguet et Claire Lelarge*

Les droits de propriété intellectuelle, et notamment les brevets, sont censés protéger les entreprises innovantes en empêchant leurs concurrents de les imiter. L'objectif d'un tel système est de stimuler le rythme du progrès technologique en incitant les entreprises à s'engager dans des activités de Recherche et Développement. Cet article analyse le comportement d'innovation des entreprises françaises afin d'estimer l'efficacité de ce système.

Il apparaît bien que l'utilisation des brevets n'est pas un automatisme pour les entreprises et que seuls certains types d'innovation sont brevetés. Ainsi, seules les innovations de produits contribueraient significativement au dépôt de brevet. Les innovations de procédés, au contraire, semblent obéir à une logique relativement indépendante des droits de propriété industriels.

De même, le système de brevets aurait un effet incitatif significatif sur les innovations de produits, mais pas sur les innovations de procédés. Les incitations conférées seraient donc réelles mais biaisées vers les innovations de produits. Par ailleurs, la distribution des valeurs des innovations de produits est aplatie et asymétrique, comme l'est la distribution des valeurs de brevets. Ceci laisse penser que l'hétérogénéité de l'efficacité de la protection par le brevet se reflète dans l'hétérogénéité de la valeur des innovations de produit introduites.

* Emmanuel Duguet est professeur à l'Université d'Évry-Val d'Essonne et membre du laboratoire EPEE et Claire Lelarge appartient à la division Marchés et Stratégies d'Entreprises de l'Insee.

Nous remercions Alain Chappert, Jean De Beir, David Encaoua, Louis de Gimel, Catalina Martinez, Sébastien Roux, ainsi que les trois rapporteurs anonymes de la revue *Économie et Statistique* pour leurs commentaires.

Les entreprises qui s'engagent dans des activités de Recherche et Développement (R&D) peuvent voir leurs innovations copiées par leurs concurrents et perdre ainsi le bénéfice de leur effort (1). Cet effet est susceptible de décourager l'effort d'innovation des entreprises. Pour cette raison, ce domaine a suscité très tôt l'intervention de l'État et différentes politiques ont été mises en œuvre pour stimuler la production 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 de R&D supporté par les entreprises : ces mesures 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 (d'Aspremont et Jacquemin, 1988 ; Jorde et Teece, 1990 ; Cassiman et Veugelers, 2002). Les évaluations de ces deux premiers types de mesures concluent majoritairement à leur efficacité. Enfin, un troisième ensemble de mesures vise à encourager la recherche en accroissant le rendement privé de la R&D. La mise en place d'un système de brevets peut être classée parmi ce type de mesures. En effet, un brevet est un titre de propriété industrielle délivré par l'État, qui confère à son titulaire un droit exclusif d'exploitation sur une invention pour une durée déterminée (20 ans pour la France). Pendant cette période de temps, si la protection par le brevet est efficace, l'entreprise peut s'approprier pleinement les bénéfices de son effort de recherche. Cependant, le problème de l'évaluation de l'efficacité du système de brevets n'a suscité que peu de travaux empiriques récents.

À ces considérations s'ajoute un constat empirique (cf. graphiques I et II) : le recours aux brevets s'est considérablement accru sur les deux dernières décennies dans les pays les plus avancés technologiquement. Comment expliquer cette évolution ? Il est possible que le renforcement du système de brevets qui a eu lieu au cours de la même période ait eu un effet positif sur l'effort de R&D des entreprises, à l'origine d'une augmentation du nombre des innovations brevetables... et brevetées (2). Mais la hausse du nombre de dépôts de brevets pourrait également provenir d'autres causes : un moindre degré d'exigence de la part des offices nationaux de brevets (3), ou encore une utilisation « stratégique » du dépôt de brevet de la part des entreprises. Par exemple, certaines entreprises

pratiquent une politique de dépôt de brevet systématique afin d'éviter les procès en contrefaçon ou d'améliorer la position de l'entreprise lors de négociations technologiques (Duguet et Kabla, 1998). Si ces interprétations s'avéraient exactes, l'effet incitatif réel du système de brevets serait faible.

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 pour la société. 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 effets liés 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 (4).

Les recherches empiriques menées sur le sujet se caractérisent par leur grande prudence. Les résultats obtenus semblent dépendre fortement du secteur d'activité étudié (Schankerman (5)), 1998, sur données françaises de 1969-1987). Globalement, les auteurs d'un premier ensemble d'études estiment que le système de brevets 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, 1997 au niveau agrégé,

1. Elles ne peuvent pas s'approprier entièrement les connaissances qu'elles produisent si elles les rendent publiques : en effet, elles ne pourront alors plus empêcher leurs concurrents d'y avoir accès (non-exclusion), même si elles les utilisent elles-mêmes (non-rivalité). Ces deux propriétés des connaissances rendent leur rendement privé inférieur à leur rendement social.

2. Ce « renforcement » du système de brevets s'est concrétisé par l'extension du domaine du brevetable (défini par la loi), par des décisions de justice plus favorables aux entreprises détentrices de brevets dans les procès en contrefaçon par exemple. Cf. sur ce point Guellec et Martinez (2003).

3. Cette remarque ne concerne peut-être pas tant l'Office européen du Brevet que l'Office américain (USPTO).

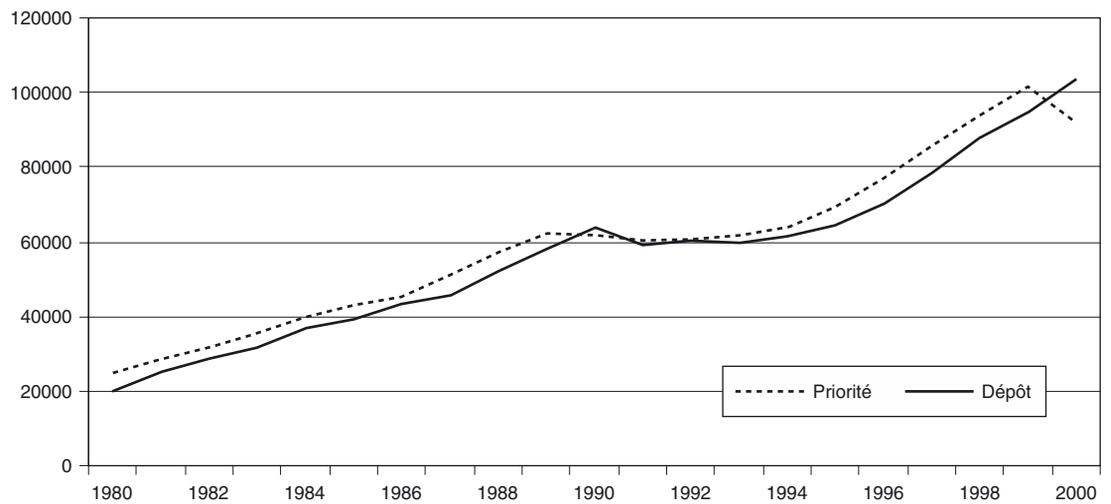
4. Selon Duguet et Kabla (1998), ce dernier élément semble être celui qui réduit le plus le recours aux brevets en France.

5. Cet auteur présente une méthode originale d'évaluation du système de brevets en calculant un montant de subvention à la R&D dont l'effet incitatif en termes d'innovation serait équivalent à celui des droits de propriété intellectuelle (sur des données agrégées au niveau sectoriel).

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 XIX^e 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

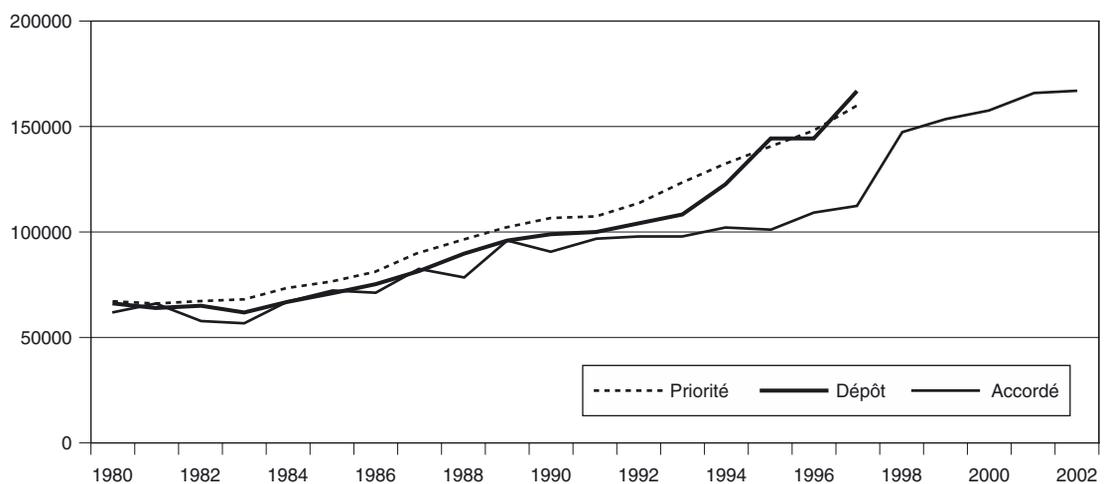
période 1850-2000, les pays qui renforcent leurs droits de propriété « reçoivent » plus d'innovations des autres pays mais ne créent pas plus d'innovations en interne. Enfin, un troisième ensemble d'études aboutit à des résultats moins positifs pour le système de brevet. Hall et Ziedonis (2004) montrent 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 fran-

Graphique I
Nombre de brevets déposés en Europe



Lecture : 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. L'année de dépôt correspond à la date de dépôt auprès de l'Office Européen du Brevet.
Source : OCDE, Patent Database, septembre 2004.

Graphique II
Nombre de brevets accordés aux États-Unis



Lecture : 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. L'année de dépôt correspond à la date de dépôt auprès de l'Office du Brevet des États-Unis (USPTO). La date d'accord est la date à laquelle le brevet est accordé par l'USPTO.
Source : OCDE, Patent Database, septembre 2004.

çaise. 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 Maskin (2002) insistent sur le fait qu'une activité comme le développement de logiciels a pu se développer de manière remarquable sans système de brevet jusqu'à l'extension récente du domaine brevetable à l'activité des logiciels. Bessen et Hunt (2004) concluent que cette extension aurait entraîné une baisse de l'effort de R&D au niveau des entreprises. Ces analyses défavorables au système de brevet soulignent le fait qu'il pourrait entraver les innovations incrémentales (*i.e.* l'amélioration de technologies existantes) lorsque le savoir est cumulatif.

Le travail présenté ici vise à examiner si le système de brevets a bien un effet incitatif sur les activités d'innovation des entreprises de l'industrie manufacturière française (6). Le principe de cette estimation repose sur la comparaison du comportement d'innovation d'entreprises pour lesquelles le système de brevets est bien adapté à celui d'entreprises pour lesquelles il est mal adapté et donc peu utilisé (7). Nous étudions donc la causalité qui va du brevet vers l'innovation, alors que les travaux antérieurs du même type (*i.e.* hors études de cas) se sont focalisés sur la causalité inverse. Par ailleurs, c'est un cadre d'analyse autorisant des comportements d'appropriation, et donc des effets incitatifs potentiels, différenciés selon le type d'innovation (produit, procédé) qui est utilisé. 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 ces hypothèses dans un cadre économétrique approprié (cf. annexe 2).

L'échantillon utilisé dans notre étude résulte de l'appariement de quatre bases de données individuelles.

- *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.

- *Enquête communautaire sur l'innovation (CIS2)*, réalisée par le Sessi en 1997 dans l'industrie manufacturière, qui porte sur la période 1994-1996.

- *Base de données comptables BRN* issue de la Direction Générale des Impôts, qui porte sur l'année 1996.

- *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 (8).

L'enquête CIS2 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 (9), indice de diversification des activités

6. La raison de cette restriction de champ réside dans le fait que l'industrie manufacturière correspond, en France, au champ des innovations brevetables.

7. Le système de brevet s'applique à toutes les entreprises manufacturières de manière uniforme, or il est vraisemblable qu'il serait préférable d'en adapter les caractéristiques aux spécificités de chaque secteur ; c'est du moins ce que prônent Encaoua et al., 2003. C'est en fait cette dernière hypothèse que nous testons à proprement parler dans nos estimations.

Par ailleurs, comme l'a remarqué un des rapporteurs, il existe en réalité plusieurs types de brevets (français, auprès de l'INPI, ou européens, auprès de l'OEB), d'un coût et probablement d'une valeur inégaux. Nous ne disposons pas de l'information sur les offices de brevets choisis par les entreprises qui ont déposé des brevets. Le « système de brevets » auquel nous nous référons par la suite représente donc l'ensemble de toutes les possibilités de dépôt accessibles aux entreprises.

8. Voir en encadré 2 la formulation précise des questions utilisées.

9. L'indice de Lerner est défini comme le ratio de l'excédent brut d'exploitation rapporté au chiffre d'affaires.

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.

Notons que toutes les variables explicatives introduites (issues de CIS2, des BRN et des EAE) sont retardées afin de prendre en compte dans une certaine mesure l'aspect dynamique du processus d'innovation. Les trois variables d'intérêt (innovation de produit, innovation de procédé et dépôt de brevet) par contre se rapportent à la même période (1997-1999), mais

Schankerman (1998) note que le délai entre innovation et dépôt de brevet est extrêmement court. On peut donc supposer que l'on capte au travers de notre indicatrice de dépôt de brevets la protection par DPI des innovations signalées par les indicatrices dont nous disposons.

Les entreprises innovantes ont un profil assez proche de l'ensemble des entreprises industrielles

Dans l'ensemble, les entreprises de notre échantillon 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 (cf. tableau 1). Le tableau 2 résume les perfor-

Tableau 1
Statistiques descriptives, 1996

	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 par salarié				
EBE/effectif	3	9	16	12
CA/effectif	88	122	171	143
VA/effectif	36	45	58	50
Nombre de salariés				
Effectif	58	191	580	669

Champ : échantillon d'analyse (issu des entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
Source : fichiers fiscaux BRN, DGI.

Tableau 2
Comportement d'innovation par industrie, 1997-1999 (effectif et perçu par les entreprises)

En %

Code : Industrie	Innovation		Degré d'opportunité technologique		
	Produit	Procédé	Nul	Modéré	Fort
C1 : Habillement, cuir	58	63	63	33	4
C2 : Édition, imprimerie, reproduction	45	82	39	47	13
C3 : Pharmacie, parfumerie et entretien	81	73	3	54	43
C4 : Équipements du foyer	87	76	44	39	17
D0 : Industrie automobile	79	79	23	41	36
E1 : Constr. navale, aéronautique et ferroviaire	78	83	22	61	17
E2 : Équipements mécaniques	85	63	33	55	12
E3 : Équipements électriques et électroniques	92	77	13	39	48
F1 : Produits minéraux	71	70	71	19	10
F2 : Industrie textile	70	72	49	47	5
F3 : Bois, papier	68	77	52	36	11
F4 : Chimie, caoutchouc, plastiques	88	69	33	44	23
F5 : Métallurgie et transformation des métaux	70	65	45	40	14
F6 : Composants électriques et électroniques	88	79	16	49	34
Total	79	71	46	44	10

Lecture : 58 % des entreprises de l'échantillon appartenant au secteur « C1 : Habillement, cuir » ont innové en produit entre 1997 et 1999. 63 % d'entre elles pensent que leur secteur n'est pas innovant (degré d'opportunité technologique nul).
Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
Source : enquête FIT, Sessi.

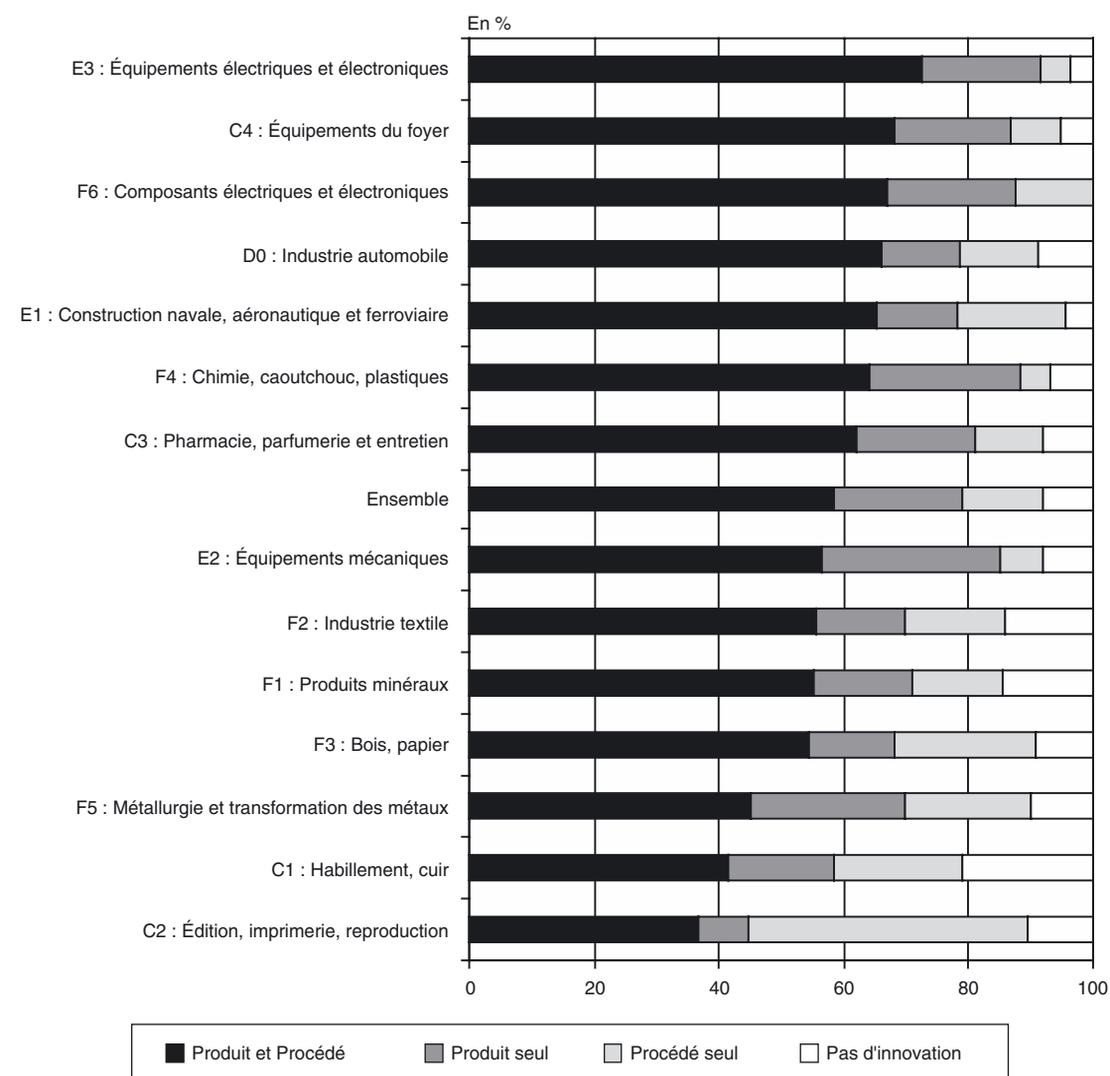
mances innovantes de ces entreprises. Les activités les plus innovantes sont les biens d'équipement électriques et électroniques, la chimie, les composants électriques et électroniques, les équipements ménagers et la pharmacie. Globalement, les innovations de produits et de procédé sont fortement corrélées, 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 (10) ». Ainsi, 45 % des entreprises de l'imprimerie réalisent des innovations de procédés uniquement, ainsi que 20 % environ des entreprises de l'habillement, du papier et de la métallurgie. Le secteur

de la construction navale, aéronautique et ferroviaire, bien qu'utilisant des technologies très récentes, atteint le chiffre de 17 % seulement, les innovations de procédés étant majoritairement couplées à des innovations de produits (cf. graphique III).

Les activités où les entreprises déposent le plus de brevets sont celles où la codification des connaissances est la plus facile et où les négociations technologiques sont nécessaires pour pouvoir progresser. C'est notamment le cas lorsque les connaissances sont fortement cumulatives (cf. tableau 3). Les entreprises qui déposent le

10. Dans ces industries, les innovations de procédés peuvent être motivées par la législation environnementale.

Graphique III
Types d'innovations par industrie, 1997-1999



Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
Source : enquête FIT, Sessi.

plus de brevets se trouvent donc dans les secteurs de la pharmacie, les équipements électriques et électroniques, la chimie, les composants électriques et électroniques et les équipements mécaniques (plus de 60 %). Dans d'autres secteurs, le recours au brevet est au contraire peu fréquent. C'est le cas de l'imprimerie (dans notre échantillon, 8 % des entreprises de ce secteur déposent un brevet), où pourtant 82 % des entreprises innoveront 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, 56 % des entreprises de notre échantillon ont déposé un brevet, ce qui peut sembler assez faible, surtout pour un échantillon d'entreprises qui déclarent toutes être engagées dans des activités d'innovation.

Le tableau 4 rapproche le type de innovations réalisées par les entreprises de leur jugement sur l'importance qu'elles accordent à la propriété intellectuelle (nous l'interprétons comme un jugement sur l'efficacité des DPI, cf. annexe 3). 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 qu'on pourrait le croire : 60 % des entreprises qui brevettent déclarent que la propriété intellectuelle

n'est pas importante ou peu importante, contre 82 % pour les entreprises qui ne brevettent pas.

Le tableau 5 permet de faire ressortir l'importance des innovations de produits dans la décision de recourir aux brevets. On peut faire les deux constats suivants. Premièrement, alors que les firmes brevetantes innoveront plus souvent en produits que les non brevetantes, les firmes brevetantes n'innoveront 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 corrélation positive entre l'innovation de produit et le dépôt de brevet.

L'objet des analyses qui suivent est d'examiner dans quelle mesure les innovations sont brevetées et si les brevets influencent les performances innovantes des entreprises.

Équations réduites de comportement d'innovation et de dépôt de brevet : des résultats conformes à ceux de la littérature

La modélisation du comportement économique sous-jacent est exposée dans l'encadré 1, la

Tableau 3
Propriété intellectuelle par industrie, 1997-1999
Dépôts de brevets effectifs et jugement porté sur l'efficacité des brevets

En %

Code : Industrie	Dépôt de brevet	Importance des droits de la propriété intellectuelle		
		Faible	Modérée	Forte
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, aéronautique et ferroviaire	56,5	26,1	34,8	39,1
E2 : Équipements mécaniques	62,4	23,3	44,6	32,2
E3 : Équipements électriques et électroniques	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 transformation des métaux	51,1	38,2	30,8	30,9
F6 : Composants électriques et électroniques	63,0	28,8	31,5	39,7
Total	56,1	33,5	36,0	30,5

Lecture : 12,5 % des entreprises de l'échantillon appartenant au secteur « C1 : Habillement, cuir » ont déposé un brevet entre 1997 et 1999. 25 % d'entre elles pensent que de manière générale, la protection par les droits de propriété intellectuelle est « importante » pour se protéger des imitateurs.

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).

Source : enquête FIT, Sessi.

méthode d'estimation en annexe 2. 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 jugent que la protection par le brevet est importante, qui font le plus de recherche interne et externe (*inputs* de l'innovation) (cf. encadré 2), qui travaillent sur plusieurs projets en parallèle (11) – en augmentant la probabilité qu'au moins l'un d'eux abou-

tisse – qui sont de grande taille et qui ont un taux de marge élevé (capacité à financer un projet innovant et pouvoir de marché). 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

11. Cette variable permet également de pallier le manque d'information sur le nombre de projets innovants entrepris ou sur le nombre de brevets déposés.

Tableau 4
Innovation et jugement sur la propriété intellectuelle, 1997-1999

Montants en milliers d'euros

	Échantillon total	Entreprises ayant innové en produit	Entreprises ayant innové en procédé	Entreprises ayant innové en produit et en procédé	Entreprises qui ont déposé au moins un brevet	Entreprises qui n'ont pas déposé de brevet
Importance des droits de la propriété intellectuelle						
Faible	33,5	28,9	33,7	28,8	15,8	55,7
Modérée	36,0	37,9	36,1	38,5	43,8	26,4
Forte	30,5	33,2	30,2	32,7	40,5	17,9
Projets innovants multiples (en %)	61,6	68,5	66,6	72,3	77,6	43,0
R&D interne						
Activité effective (en %)	70,5	77,4	70,9	77,7	85,1	53,5
Moyenne	7 384	8 230	9 319	10 075	10 007	1 904
1 ^{er} quartile	152	152	152	152	228	76
Médiane	520	610	730	763	913	152
3 ^e quartile	2 166	2 567	3 046	3 356	3 400	730
R&D externe						
Activité effective (en %)	29,4	32,4	31,3	34,5	40,6	15,2
Moyenne	3 160	3 543	3 607	3 906	3 939	543
1 ^{er} quartile	46	53	76	76	78	30
Médiane	152	152	152	183	152	76
3 ^e quartile	656	761	762	762	762	259
Acquisition de matériels innovants						
Activité effective (en %)	44,0	46,5	48,6	50,8	51,3	36,3
Moyenne	1 854	2 136	2 022	2 269	2 490	682
1 ^{er} quartile	76	76	76	91	91	76
Médiane	305	305	305	305	305	152
3 ^e quartile	763	914	869	914	1 065	457

Lecture : 70,5 % des entreprises de l'échantillon ont des activités de R&D en interne. Ces entreprises « actives en R&D internes » dépendent en moyenne 7 384 milliers d'euros dans cette activité. 75 % d'entre elles dépendent plus de 152 milliers d'euros, 50 % d'entre elles dépendent plus de 520 milliers d'euros et 25 % d'entre elles dépendent plus de 2 166 milliers d'euros.

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).

Source : enquêtes FIT et CIS2, Sessi.

Tableau 5
Dépôt de brevet par les entreprises innovantes, 1997-1999

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 : 93,7 % des firmes brevetantes ont innové en produit. 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.

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).

Source : enquête FIT, Sessi.

FONDEMENTS THÉORIQUES

Le modèle retenu dans cette étude permet de préciser les relations de simultanéité entre décisions de s'engager dans des activités d'innovation et anticipation de dépôt de brevet ; il établit les conditions d'identification du système d'équations estimé.

Soit une entreprise qui prend ses décisions en trois étapes. Dans un premier temps, l'entreprise décide de s'engager (ou pas) dans une activité innovante ; 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 (ou non) un brevet, sachant que la qualité de la protection par le brevet pour cette innovation particulière dépend d'un aléa, noté ε . Cet aléa représente le degré d'appropriabilité de l'innovation : certaines innovations sont plus faciles à protéger par les droits de propriété industrielle que d'autres, indépendamment de leurs qualités respectives (1). On résout ce modèle par récurrence vers l'amont : l'entreprise anticipe les gains potentiels à déposer un brevet (phase aval) lorsqu'elle prend la décision de s'engager dans des activités d'innovation (phase amont).

Décision de breveter

À la dernière étape (phase aval), la valeur de l'innovation sans protection, notée μ , et l'aléa d'appropriation propre à l'innovation considérée 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 :

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

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 décrivant en particulier le degré d'efficacité générale du système de brevet dans le secteur considéré (du point de vue de l'entreprise). La prime de brevet s'interprète comme le gain relatif, net du coût de dépôt, apporté par le dépôt de brevet :

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

Cette prime peut dépendre de la qualité de l'innovation réalisée (2). Pour l'application, nous supposons par la suite que :

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

Dans cette spécification, z représente donc l'espérance de la prime apportée par le brevet.

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

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

Dépenses d'innovation

À cette étape (qui précède donc la décision d'éventuel dépôt de brevet), 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 $\Phi(\cdot)$ les densité et fonction de répartition de cette distribution, supposée gaussienne dans l'application. Nous supposons également que la valeur de l'innovation est reliée au niveau des dépenses de R&D engagées, noté r , par une fonction d'innovation de la forme suivante :

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

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

$$\bar{\Pi} = \underbrace{\int_{P>0} (P(\varepsilon, \mu, X_{appro}) + 1) \mu \phi(\varepsilon) d\varepsilon}_{\substack{\text{valeur anticipée d'une innovation} \\ \text{qu'il est optimal de breveter} \\ \text{(pondérée par sa probabilité d'apparition)}}} + \underbrace{\int_{P \leq 0} \mu \phi(\varepsilon) d\varepsilon}_{\substack{\text{valeur anticipée d'une innovation} \\ \text{qu'il n'est pas optimal de breveter} \\ \text{(pondérée par sa probabilité d'apparition)}}} - r$$

sous la contrainte $\mu \leq f(r, X_{inno})$ (cette contrainte est saturée à l'équilibre).

En remplaçant $P(\varepsilon, \mu, X_{appro}) + 1$ par son anticipation (espérance) z , 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 optimal de recherche :

$$\frac{\partial \bar{\Pi}}{\partial r} \times \left[1 + \phi(z^*) + z^* \Phi(z^*) \right] + \frac{\partial z}{\partial r} \times \mu^* \Phi(z^*) = 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{\partial \mu}{\partial r} \left[1 + \phi(z^*) + z^* \Phi(z^*) + \alpha_{brev} \mu^* \Phi(z^*) \right] = 1$$

La relation précédente définit de manière implicite le montant de R&D (3), optimal du point de vue de l'entreprise. Ce montant de R&D est fonction des

→

1. Cet aléa correspond à des variables non observées par l'économètre, et qui affectent le pouvoir de marché 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.

2. Ce n'est pas le cas dans la modélisation proposée par Arora, Ceccagnoli et Cohen (2003).

3. Ces relations déterminent donc simultanément la qualité de l'innovation $\mu^* = f(r, X_{inno})$ ainsi que la prime de brevet anticipée optimale $z^* = \text{abrev.}f(r^*, X_{inno}) + X_{appro} \beta_{appro} - 1$, quantités qui sont des fonctions déterministes du montant de R&D.

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 du secteur, le fait d'exporter (effet taille de marché) 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 (12) 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 produits, les innovations de procédés reposent sur un processus plus informel basé sur les achats de biens d'équipement (innovation incorporée). Cela 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

12. Un taux d'imitation des produits est calculé au niveau sectoriel ; il donne le pourcentage d'entreprises qui réalisent des produits nouveaux pour elles mais non pour leur marché (d'où le terme d'imitation).

Encadré 1 (suite)

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 l'anticipation de prime de brevet 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 :

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

La structure spécifique de ce dernier système nous fournit une stratégie d'estimation des paramètres d'intérêt.

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

Les relations précédentes mettent en lumière une condition d'identification importante : les conditions d'appropriation X_{appro} affectent directement la décision de breveter (z^*), mais n'affectent le comportement d'innovation de la firme qu'indirectement, au travers de l'anticipation z^* de la prime de protection associée au brevet.

De même, les variables X_{inno} affectent directement la valeur de l'innovation sans affecter directement la décision de breveter.

Modèle empiriquement vérifiable

À l'étape de l'estimation (4), nous utilisons une forme linéarisée de la condition du premier ordre de notre modèle :

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

où $(\mu_{prod}^*, \mu_{proc}^*)$ sont les valeurs des innovations de produit et de procédé et (u_{prod}, u_{proc}) des perturbations ; toutes ces quantités sont aléatoires. La troisième quantité, l'anticipation de prime de brevet z^* , n'est pas aléatoire.

4. Pour estimer le modèle, nous devons prendre en compte les trois contraintes suivantes liées aux données utilisées (cf. 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 faut tenir 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 CIS2 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.

Tableau 6
Estimation du modèle

	Forme réduite			Forme structurelle		
	Variables expliquées			Variables expliquées		
	Dépôt de brevet	Innovation de produit	Innovation de procédé	Dépôt de brevet	Innovation de produit	Innovation de procédé
Dépôt de brevet	-	-	-	-	0,34** (0,12)	0,04 (0,12)
Innovation de produit	-	-	-	0,56** (0,16)	-	-
Innovation de procédé	-	-	-	0,27 (0,32)	-	-
Importance des droits de la propriété intellectuelle						
<i>Faible</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>		
Modérée	0,78** (0,13)	0,25** (0,11)	0,03 (0,12)	0,63** (0,14)	-	-
Forte	0,99** (0,14)	0,38** (0,13)	0,01 (0,13)	0,81** (0,16)	-	-
R&D interne						
<i>Nulle</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>		
Modérée	0,24* (0,14)	0,43** (0,12)	- 0,20 (0,14)	-	0,39** (0,12)	- 0,20 (0,14)
Forte	0,56** (0,15)	0,76** (0,15)	- 0,04 (0,15)	-	0,67** (0,15)	- 0,05 (0,17)
R&D externe						
<i>Nulle</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>		
Modérée	0,26* (0,15)	0,23 (0,16)	0,09 (0,15)	-	0,22* (0,12)	0,08 (0,15)
Forte	0,38** (0,17)	- 0,06 (0,16)	0,05 (0,14)	-	0,07 (0,14)	0,12 (0,15)
Dépenses en machines et équipements innovants						
<i>Nulle</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>		
Modérée	0,10 (0,14)	- 0,08 (0,14)	0,40** (0,14)	-	- 0,10 (0,13)	0,42** (0,14)
Forte	- 0,05 (0,14)	- 0,07 (0,12)	0,21* (0,12)	-	- 0,10 (0,10)	0,21* (0,12)
Projets innovants multiples						
<i>Non</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>
Oui	0,35** (0,12)	0,23** (0,56)	0,28** (0,12)	0,15 (0,16)	0,11 (0,13)	0,11 (0,13)
Degré d'opportunité technologique du secteur d'activité						
<i>Nulle</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>	<i>Référence</i>		
Modérée	0,17 (0,12)	0,49** (0,10)	0,22** (0,11)	-	0,32** (0,09)	0,19* (0,11)
Forte	0,18 (0,14)	0,48 (0,14)	0,27* (0,15)	-	0,31** (0,12)	0,26* (0,15)
Caractéristiques des firmes						
Log (CA)	0,23** (0,04)	0,06 (0,04)	0,12** (0,04)	0,17** (0,60)	- 0,03 (0,05)	0,11** (0,05)
Taux de marge	1,45** (0,69)	0,08 (0,61)	0,5 (0,63)	1,39* (0,82)	- 0,51 (0,66)	0,48 (0,65)
Diversification	0,04 (0,16)	0,39** (0,17)	0,26 (0,17)	- 0,30 (0,21)	0,40** (0,18)	0,24 (0,17)
Indicatrice « Exportation »	- 0,10 (0,18)	0,28** (0,13)	- 0,02 (0,17)	- 0,25 (0,21)	0,32** (0,14)	- 0,00 (0,17)
Concentration du marché	- 0,03 (0,06)	- 0,05 (0,05)	0,03 (0,06)	- 0,02 (0,07)	- 0,04 (0,05)	0,03 (0,06)

Tableau 6 (suite)

Variable sectorielle de taux d'imitation						
Log (taux d'imitation)	- 1,18 (0,77)	- 1,49** (0,64)	- 0,25 (0,73)	-	- 1,23** (0,47)	-
Indicatrices sectorielles						
C1 : Habillement, cuir	- 0,88** (0,44)	- 0,23 (0,26)	- 0,01 (0,35)	- 0,77* (0,46)	0,08 (0,33)	0,06 (0,36)
C2 : Édition, imprimerie, reprographie	- 0,57 (0,50)	- 0,45* (0,24)	0,03 (0,36)	- 0,48 (0,52)	- 0,15 (0,32)	0,03 (0,36)
D0 : Industrie automobile	- 0,13 (0,27)	- 0,40* (0,21)	0,01 (0,25)	0,13 (0,30)	- 0,36* (0,22)	0,00 (0,25)
E1 : Construction navale, aéronautique, ferroviaire	- 0,50 (0,47)	- 0,73** (0,30)	0,24 (0,45)	- 0,17 (0,55)	- 0,52 (0,36)	0,31 (0,45)
F3 : Bois, papier	0,24 (0,24)	- 0,25 (0,19)	0,35 (0,28)	0,19 (0,31)	- 0,27 (0,20)	0,31 (0,28)
F5 : Métallurgie	- 0,07 (0,15)	- 0,35** (0,12)	- 0,09 (0,15)	0,14 (0,17)	- 0,33** (0,13)	- 0,08 (0,14)
F6 : Composants électriques et électroniques	- 0,24 (0,20)	- 0,44** (0,19)	0,02 (0,19)	0,00 (0,24)	- 0,35* (0,21)	0,04 (0,19)
Constante	- 4,11** (0,62)	- 1,44** (0,56)	- 1,62** (0,59)	- 2,88 (0,21)	0,02 (0,68)	- 1,36** (0,13)
Variance						
Dépôt de brevet	1 (imposé)	0,14** (0,06)	0,00 (0,05)	<i>n.e.</i>	<i>n.e.</i>	<i>n.e.</i>
Innovation de produit		1 (imposé)	0,12** (0,05)		<i>n.e.</i>	<i>n.e.</i>
Innovation de procédé			1 (imposé)			<i>n.e.</i>
Log-vraisemblance	- 2208,9					
Test de suridentification						
Statistique				8,398		
Degrés de liberté				10		
Probabilité critique				0,59		

Lecture : les variables expliquées se rapportent à la période 1997-1999, les variables explicatives sont retardées (1996).

Une spécification alternative possible introduit les opportunités technologiques comme variable explicative dans l'équation structurelle de dépôt de brevet, les résultats (non reportés) ne sont pas affectés.

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

* : significatif à 10 % ; ** : significatif à 5 %, *n.e.* : non estimé.

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).

Source : enquêtes FIT, CIS2, EAE (Sessi) et sources fiscales BRN (DGI).

Encadré 2

LES SOURCES DE DONNÉES

Les comportements d'innovation et de dépôt de brevet (variables expliquées)

Le concept d'innovation des deux enquêtes utilisées (*Enquête sur le Financement de l'Innovation Technologique*, FIT, et *Seconde Enquête Communautaire sur l'Innovation*, CIS2) reprend celui 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 de ses 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 esthétique ou organisationnel, tels par exemple les modifications de conditionnement et les changements saisonniers.

La variable d'**innovation de produit** des régressions correspond à la question suivante (FIT) :

QA1. 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).



Encadré 2 (suite)

La variable d'**innovation de procédé** correspond à la question suivante (FIT) :

QA2. 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).

Enfin, la variable de **dépôt de brevet** correspond à la question suivante (FIT) :

QC4. 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).

L'annexe 3 présente des régressions dans lesquelles sont introduites (comme variables explicatives) le comportement passé d'innovation et de dépôt de brevet des entreprises. Cette information est extraite de l'enquête CIS2 :

Q1. Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des produits technologiquement nouveaux (ou améliorés) pour votre entreprise ? (oui/non).

Q2. Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle introduit sur le marché des procédés technologiquement nouveaux (ou améliorés) pour votre entreprise ? (oui/non).

Q8. Entre 1994 et 1996, votre entreprise a-t-elle déposé au moins une demande de brevet en France ou à l'étranger ? (oui/non).

Les variables explicatives

Importance des droits de propriété industriels : cette variable correspond à la question suivante issue 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 ») :

QC3 (c). 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 ?

Projets innovants multiples : nous utilisons pour construire cette variable la question suivante (FIT) :

QC2. Menez-vous plusieurs projets technologiquement innovants de front ? (oui/non).

Degré d'opportunité technologique du secteur d'activité : cette variable correspond à la question suivante issue 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 ») :

QF2. Considérez-vous que votre marché de référence est technologiquement : non innovant/faiblement innovant/moyennement innovant/fortement innovant ?

Variables de R&D interne, externe, de dépenses en machines et équipements innovants : Les activités de R&D interne correspondent aux « travaux créatifs entrepris au sein de l'entreprise, sur une base systématique, dans le but d'augmenter le stock de connaissances, et l'usage de ce stock de connaissances dans la conception de nouvelles applications, telles que des produits (biens/services) ou des procédés nouveaux ou améliorés » (notice du questionnaire). Les activités de R&D externe correspondent à des activités identiques, mais exécutées par d'autres entreprises (y c. des entreprises appartenant au même groupe), ou d'autres institutions de recherche, publiques ou privées. Enfin, l'acquisition de machines et équipements liés aux innovations de produits ou de procédés correspond à des équipements de pointe acquis spécifiquement pour implémenter des procédés de production innovants ou pour produire des produits innovants. Les variables correspondantes sont construites à partir des questions issues de CIS2 reportées ci-dessous :

Q6. 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.

Pour chacune de ces questions, la modalité de référence correspond à une absence de dépenses ; 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 de notre fonction de vraisemblance).

Variable de taille : le logarithme du chiffre d'affaires en 1996. Cette information est issue de la liasse fiscale BRN (Direction Générale des Impôts).

Diversification : le logarithme de l'inverse de l'indice de Herfindahl (« nombre équivalent d'activités ») est calculé sur la ventilation des ventes (notées $S_{i,k}$) de l'entreprise i entre ses différentes activités k . Cette décomposition des ventes est disponible dans les *Enquêtes Annuelles d'Entreprises* (EAE, Sessi). Pour une entreprise i possédant k_i activités :

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

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 .

→

pour expliquer ce résultat est que les innovations de procédés sont mieux protégées que les innovations de produits par le secret commercial. En effet, les innovations de produits peuvent être achetées par les concurrents (*reverse engineering*), contrairement aux innovations de procédés non commercialisées (l'espionnage industriel est plus difficile – et interdit).

Le système de brevets stimule les innovations de produits, mais il ne stimule pas les innovations de procédés

La forme structurelle permet d'étudier les interactions entre le dépôt de brevet et les incitations à innover (13).

Les régressions effectuées nous permettent 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. Cela 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 produits et de procédés, *i.e.* lorsque ces deux types d'innovations sont complémentaires. Les statistiques de brevet seraient donc biaisées en faveur de l'innovation de produit.

13. Cette question est connexe à celle de l'appréciation de la qualité des données de brevets comme indicateurs d'intensité d'innovation (ces données sont utilisées notamment dans les comparaisons internationales de performances innovantes).

Encadré 2 (fin)

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 :

$$H_i = \sum_{k=1}^k \frac{S_{i,k}}{S_i} \times H_k$$
 ; la quantité $1/H_i$ mesure alors le nombre équivalent de concurrents ; nous introduisons son logarithme dans les régressions.

L'information utilisée pour construire cette variable est également issue des EAE (Sessi).

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.

L'information utilisée est issue de la liasse fiscale BRN (Direction générale des Impôts).

Indicatrice d'exportations positives en 1996. Nous utilisons pour construire cette variable le montant du chiffre d'affaire réalisé à l'étranger (information disponible dans les BRN, DGI).

Variables sectorielles : 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 de **taux d'imitation** que nous utilisons est construite à partir de la question suivante issue de CIS2 :

Q5. *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).*

La construction de la variable sectorielle de taux d'imitation est décrite ci-dessous :

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 (entreprises qui ont innové « pour elles-mêmes », mais pas pour leur marché) ;

p_k^M la proportion d'innovateurs réels (entreprises qui ont innové « pour elles-mêmes » et pour leur 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.

Le dépôt de brevet augmente également avec l'importance accordée par l'entreprise 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 produits et, en conséquence, doit inciter les entreprises à faire plus de recherche qu'en l'absence de protection. Ce point est confirmé également 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 non pour leur marché (d'où le terme d'imitation). 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 les entreprises ne peuvent pas se protéger de la modalité du comportement d'imitation des concurrents captée par cette variable (sinon elle serait significative dans l'équation de brevet), et que cela a pour effet de réduire le rendement privé des seules innovations de produits. Dans notre système, cela 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 produits.

L'innovation de procédé obéit à des déterminants différents. Le brevet n'a aucune influence sur la probabilité d'innover en procédé. Ce point renforce le résultat 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. 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. Cela implique également qu'une partie du savoir-faire technologique ne transite pas par le système de brevets mais nécessite d'autres moyens de diffusion des connaissances, comme la coopération interentreprises par exemple.

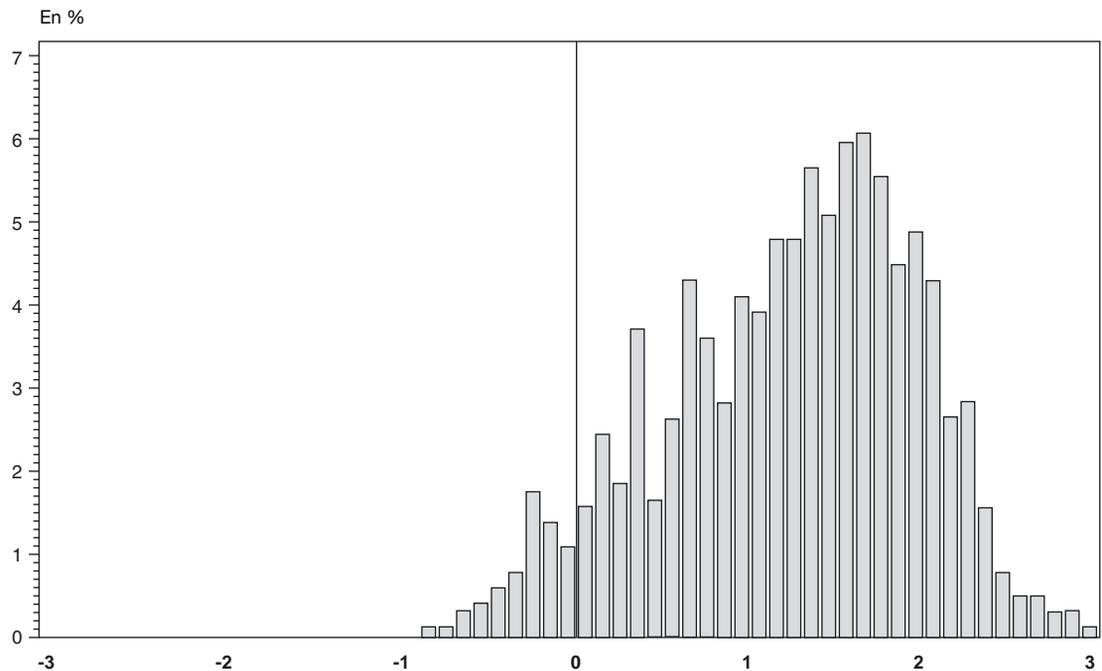
Les distributions des valeurs des innovations sont différenciées selon leur nature – et selon leur degré d'appropriabilité par le brevet

Pakes et Schankerman (1986) et Scherer (1998) ont montré que la distribution des brevets et des innovations est asymétrique, avec quelques innovations (ou brevets) caractérisés 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 forte valeur).

Les estimations réalisées permettent également d'examiner les distributions (cf. graphiques IV à VI) des rendements privés (ou « valeurs ») des innovations et celle de la « prime » de brevet telles qu'elles peuvent être prédites par notre modèle économétrique ; la qualité de ces distributions est très dépendante notamment de la qualité des variables explicatives que nous avons introduites.

Trois résultats principaux émergent. Premièrement, la distribution de la valeur des innovations de 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 produits est fortement asymétrique, ce qui est en accord avec les études antérieures. Ici également, un grand nombre des innovations de produits potentielles sont effectivement réalisées. Troisièmement, la distribution de la valeur des brevets est clairement influencée par la distribution de la valeur des produits (ou réciproquement) et est également asymétrique. Toutefois on constate une différence nette entre

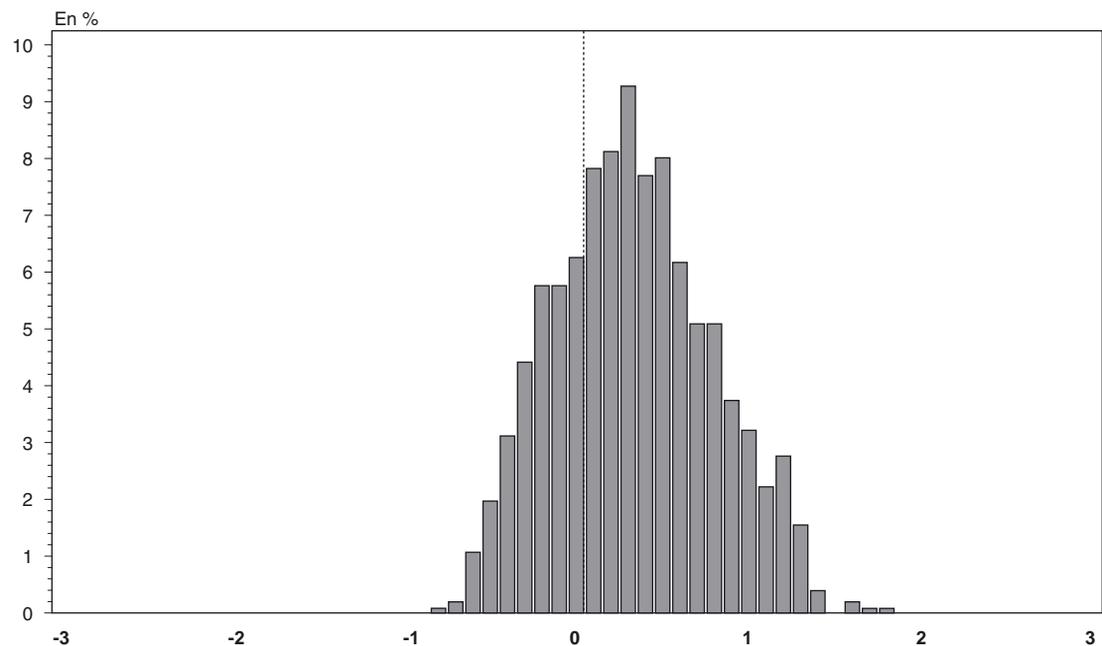
Graphique IV
Valeur de l'innovation de produit, 1997-1999



Lecture : cette distribution correspond à la distribution de la prévision de la valable latente μ_{prod}^* associée à l'innovation de produit. Cette prévision est calculée à partir de l'estimation de la forme réduite du modèle présentée dans le tableau 6. Selon le modèle théorique, cette prévision représente une estimation normalisée de la valeur de l'ensemble des innovations de produits réalisées par une entreprise donnée au cours de la période 1997-1999. Les valeurs positives de cette variable correspondent aux innovations effectives, les valeurs négatives à celles qui n'ont pas été implémentées. L'échelle n'est pas interprétable économiquement (elle dérive des contraintes techniques de normalisation de la variance imposées à l'étape de l'estimation, cf. annexe 2).

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
 Sources : enquêtes FIT, CIS2, EAE (Sessi) et sources fiscales BRN (DG).

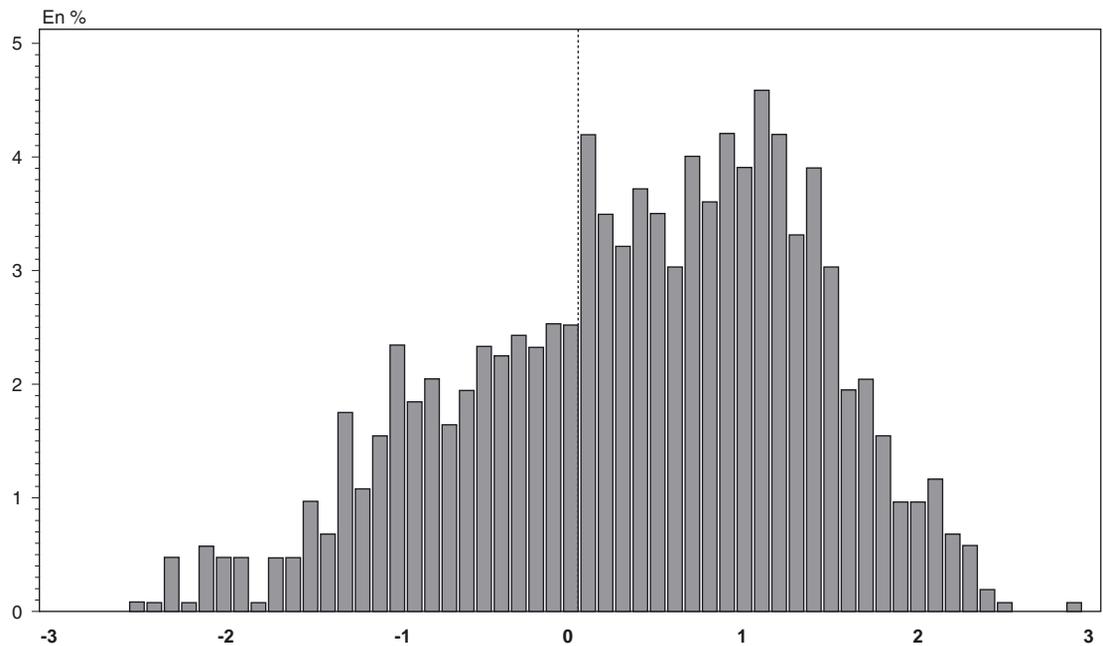
Graphique V
Valeur de l'innovation de procédé, 1997-1999



Lecture : cette distribution correspond à la distribution de la prévision de la valable latente μ_{proc}^* associée à l'innovation de procédé. Cette prévision est calculée à partir de l'estimation de la forme réduite du modèle présentée dans le tableau 6. Selon le modèle théorique, cette prévision représente une estimation normalisée de la valeur de l'ensemble des innovations de procédés réalisées par une entreprise donnée au cours de la période 1997-1999. Les valeurs positives de cette variable correspondent aux innovations effectives, les valeurs négatives à celles qui n'ont pas été implémentées. L'échelle n'est pas interprétable économiquement (elle dérive des contraintes techniques de normalisation de la variance imposées à l'étape de l'estimation, cf. annexe 2).

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
 Sources : enquêtes FIT, CIS2, EAE (Sessi) et sources fiscales BRN (DG).

Graphique VI
Valeur du dépôt de brevet, 1997-1999



Lecture : cette distribution correspond à la distribution de la prévision de la variable latente P^* associée au dépôt de brevet. Cette prévision est calculée à partir de l'estimation de la forme réduite du modèle présentée dans le tableau 6. Selon le modèle théorique, cette prévision représente une estimation normalisée de la valeur de l'ensemble des brevets déposés par une entreprise donnée au cours de la période 1997-1999. Les valeurs positives de cette variable correspondent aux dépôts de brevet effectifs, les valeurs négatives à ceux qui n'ont pas été effectivement déposés. L'échelle n'est pas interprétable économiquement (elle dérive des contraintes techniques de normalisation de la variance imposées à l'étape de l'estimation, cf. annexe 2).
 Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).
 Source : enquêtes FIT, CIS2, EAE (Sessi) et sources fiscales BRN (DGI).

les distributions des valeurs des brevets et des innovations de produits : il y a beaucoup moins de brevets rentables (primes de brevet réellement positives) que d'innovations de produits rentables, ce qui traduit le fait que beaucoup d'innovations de produits ne sont pas brevetées. Ce résultat concorde 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 moyens 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 en partie de la distribution de l'efficacité des droits de propriété intellectuelle, et en partie de l'hétérogénéité des efforts de R&D. Ainsi, il y aurait peu d'innovations de produits 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 resteraient mal protégées par les mécanismes d'appropriation disponibles. □

BIBLIOGRAPHIE

- Arora A., Ceccagnoli M. et Cohen W.M. (2003)**, « R&D and the Patent Premium », *NBER Working Paper*, n° 9431.
- Aspremont C. et Jacquemin A. (1988)**, « Cooperative and Non Cooperative R&D in Duopoly with Spillovers », *American Economic Review*, vol. 78, n° 5, pp. 1133-1197.
- Hunt B. et Bessen J. (2004)**, « The Software Patent Experiment », *Business Review*, Federal Reserve Bank of Philadelphia, third quarter, pp. 22-32.
- Bessen J. et Maskin E. (2000, 2002)**, « Sequential Innovation, Patents and Imitation », *MIT Working Paper*, Department of Economics, n° 00-01.
- Branstetter L. et Sakakibara M. (2001)**, « Do Stronger Patents Induce More Innovation? », *Rand Journal of Economics*, vol. 32, n° 1, pp. 77-100.
- Cassiman B. et Veugelers R. (2002)**, « R&D Cooperation and Spillovers: Some Empirical Evidence from Belgium », *American Economic Review*, vol. 92, n° 4, pp. 1169-1184.
- Cohen W.M., Nelson R.R. et Walsh J.P. (2000)**, « Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why Firms Patent or Not? », *NBER Working Paper*, n° 7552.
- Crépon B., Duguet E. et Mairesse J. (1998)**, « Research Investment, Innovation and Productivity: an Econometric Analysis », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 7, n° 2, pp. 115-158.
- David P., Hall B. et Toole A. (2000)**, « Is Public R&D a Complement or a Substitute for Private R&D? A Review of the Econometric Evidence », *Research Policy*, vol. 29, pp. 497-529.
- Duguet E. (2004)**, « Are R&D Subsidies a Substitute or a Complement to Privately Funded R&D? Evidence for France using Propensity Score Methods for non experimental Data », *Économie Politique*, vol. 114, n° 2, pp. 263-292.
- Duguet E. (2002)**, « Innovation Height, Spillovers and TFP Growth at the Firm Level: Evidence from French Manufacturing », *Economics of Innovation and New Technology*, à paraître, (<http://emlab.berkeley.edu/users/bhhall/EINT/EINTMay04.html>).
- Duguet E. et Kabla I. (1998)**, « Appropriation Strategy and the Motivations to Use the Patent System in France: An Econometric Analysis at the Firm Level », *Économie et de Statistique*, n° 49-50, pp. 290-327.
- Encaoua D., Guellec D. et Martinez C. (2003)**, « The Economics of Patents: From Natural Rights to Policy Instruments », *Cahiers de la MSE (EUREQua)*, n° 2003.124.
- Geweke J. (1989)**, « Efficient Simulation from the Multivariate Normal Distribution subject to Linear Inequality Constraints and the Evaluation of Constraint Probabilities », *Duke University Working Paper*.
- Ginarte J.C. et Parks W.G. (1998)**, « Determinants of Patent Rights: A Cross-National Study », *Research Policy*, n° 26, pp. 283-301.
- Gouriéroux C., Monfort A. et Trognon A. (1985)**, « Moindres Carrés Asymptotiques », *Annales de l'Insee*, vol. 58, pp. 91-122.
- Grabowsky H. et Vernon J. (1986)**, « Longer Patents for Lower Imitation Barriers: The 1984 Drug Act », *AEA Papers and Proceedings*, vol. 05, pp. 195-198.
- Guellec D. et Martinez C. (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, OCDE, Paris.
- Hajivassiliou V. et Borsh-Supan A. (1993)**, « Smooth Unbiased Multivariate Probability Simulators for Maximum Likelihood Estimation of Limited Dependent Variable Models », *Journal of Econometrics*, vol. 58, n° 3, pp. 347-368.
- Hall B. et Van Reenen J. (2000)**, « How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of the Evidence », *Research Policy*, vol. 29, pp. 449-469.
- Hall B.H. et Ziedonis R.H. (2001)**, « The Patent Paradox Revisited: an Empirical Study of Patenting in the U.S. Semiconductor Industry, 1979-1995 », *Rand Journal of Economics*, vol. 32, n° 1, pp. 101-128.

- Jorde T. et Teece D. (1990)**, « Innovation and Cooperation: Implications for Competition and Antitrust », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 4, n° 3, pp. 75-96.
- Keane M. (1994)**, « A Computationally Efficient Practical Simulation Estimator for Panel Data », *Econometrica*, vol. 62, n° 1, pp. 95-116.
- Lerner J. (2001)**, « 150 Years of Patent Office Practice », *Paper Prepared for the Conference on the Law, Economics and History of Intellectual Property*, Haas School of Business, Berkeley, California (<http://emlab.berkeley.edu/users/bhall/ipconf/lerner.pdf>).
- Levin R.C., Klevorick A., Nelson R.R. et Winter S.G. (1987)**, « Appropriating the Returns to Industrial R&D », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 3, pp. 783-820.
- Lollivier S. (2003)**, *Économétrie avancée des variables qualitatives*, Ensaë, Malakoff.
- Monfort A. (2003)**, *Modèles statistiques dynamiques à variables cachées*, Ensaë, Malakoff.
- Monjon S. et Walbroeck P. (2003)**, « Assessing Spillovers from Universities to Firms: Evidence from French Firm-level Data », *International Journal of Industrial Organization*, vol. 21, n° 9, pp. 1255-1270.
- Moser P. (2003)**, « How Do Patent Laws Influence Innovation? Evidence from Nineteenth-Century World Fairs », *NBER Working Paper*, n° 9909.
- OCDE / Eurostat (1997)**, *Manuel d'Oslo. La mesure des activités scientifiques et technologiques. Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique*, OCDE, Paris.
- Park W.G. et Ginarte J.C. (1997)**, « Intellectual Property Rights and Economic Growth », *Contemporary Economic Policy*, vol. XV, pp. 51-61.
- Pakes A. (1986)**, « Patents as Options: Some Estimates of the Value of Holding European Patent Stocks », *Econometrica*, vol. 54, n° 4, pp. 755-784.
- Pakes A. et Shankerman M. (1986)**, « Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period », *Economic Journal*, vol. 96, n° 2, pp. 1052-1076.
- Shankerman M. (1998)**, « How Valuable is Patent Protection? Estimates by Technology Field », *Rand Journal of Economics*, vol. 29, n° 1, pp. 77-107.
- Sherer F.M. (1998)**, « The Size Distribution of Profits from Innovation », *Économie et de Statistique*, n° 49/50, pp. 495-516.
- Tirole J., Henry C., Trommetter M., Tubiana L. et Caillaud B. (2003)**, *Propriété intellectuelle*, Rapport du Conseil d'Analyse Économique, n° 41, Paris.

COMMENT CONSTRUIRE UN INDICATEUR RÉCENT DE 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 (Fuite des savoirs, R&D) :

« 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, ou comme un jugement porté 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

alternatives. Nous avons donc examiné la corrélation entre la réponse à la question précédente et les jugements portés par les entreprises sur l'efficacité des brevets ; cette information est tirée de l'enquête *Appropriation technologique*, ou « Yale 2 » de 1993 (Sessi). Le tableau suivant donne les corrélations entre ces différentes mesures (agrégées par industrie au niveau NES114).

Les graphiques A à D 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 les variables d'efficacité des brevets issue de l'enquête *Appropriation* de 1993. Elle est également positivement corrélée avec le jugement selon lequel le brevet divulgue trop d'information, ce qui n'entre pas en contradiction avec les résultats précédents.

Comparaison de l'indicateur de l'efficacité des brevets en 1999 avec des indicateurs antérieurs

Variables	Corrélation avec les réponses à la question de l'enquête FIT de 1999 sur la fuite des savoirs
Variables issues de l'enquête <i>Appropriation technologique</i>	
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)
Variables issues de l'enquête FIT	
1999 FIT : Fuite des savoirs, Recherche exploratoire	0,90** (< 0,001)
1999 FIT : Fuite des savoirs, R&D	0,96** (< 0,001)

Lecture : sont reportées dans ce tableau les corrélations (Pearson) entre les scores moyens par industrie (niveau NES 114) reportés par les entreprises interrogées dans chacune des enquêtes mentionnées (les entreprises interrogées en 1993 dans l'enquête *Appropriation technologique* ne sont pas identiques aux entreprises interrogées en 1999 dans l'enquête FIT).

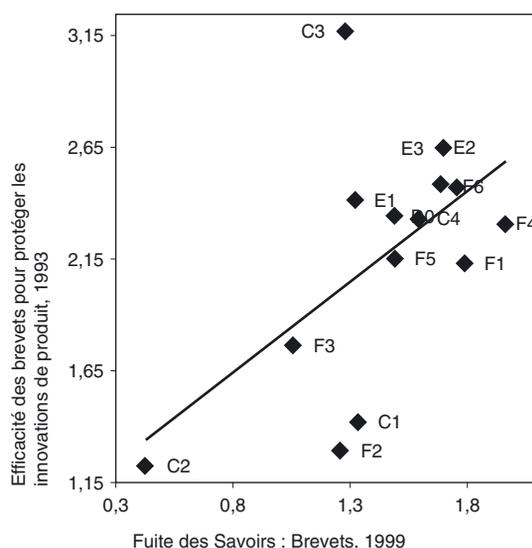
Probabilité critique entre parenthèses. ** : significatif à 5 % ; * : significatif à 10 %.

Champ : secteur manufacturier.

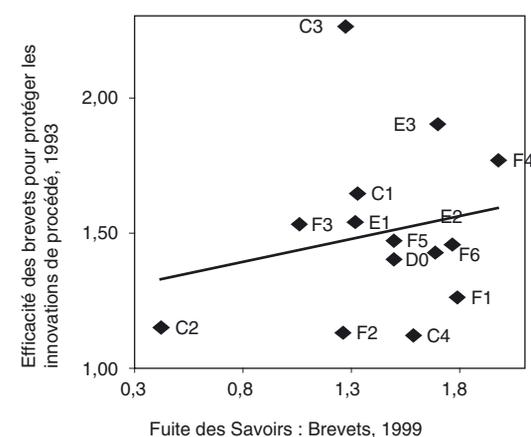
Source : enquêtes FIT (1999, Sessi), et *Appropriation technologique* (1993, Sessi).

Jugements portés sur l'efficacité des brevets en 1993 et en 1999

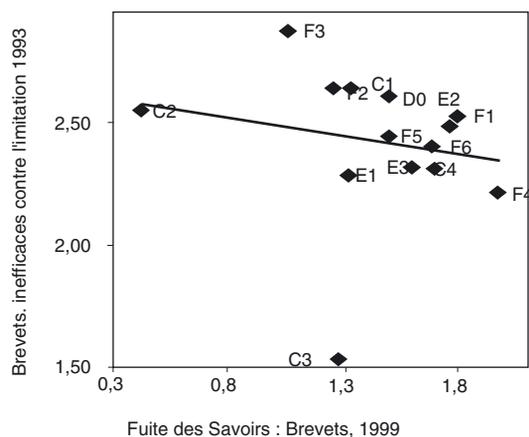
A - Efficacité des brevets en 1999 et efficacité des brevets pour protéger les produits en 1993



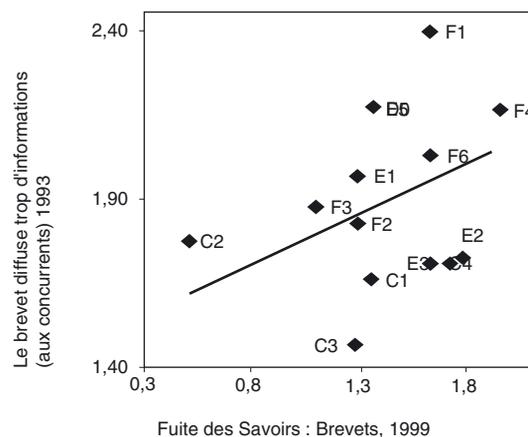
B - Efficacité des brevets en 1999 et efficacité des brevets pour protéger les procédés en 1993



C - Efficacité des brevets en 1999 et efficacité des brevets pour protéger contre l'imitation en 1993



D - Efficacité des brevets en 1999 et importance de la divulgation d'information par les brevets en 1993



Lecture : le score sectoriel moyen décrivant l'efficacité des brevets pour protéger les innovations de produits en 1993 est calculé au niveau d'agrégation N36 à partir de l'enquête Appropriation technologique. Le score sectoriel moyen décrivant l'importance accordée aux brevets en 1999 est calculé au niveau d'agrégation N36 à partir de l'enquête FIT.

Champ : secteur manufacturier.

Source : enquêtes FIT en abscisse (1999, Sessi), et Appropriation technologique en ordonnée (1993, Sessi).

ESTIMATION DU MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

Rappelons la forme du modèle à estimer (cf. encadré 1) :

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

Comme nous n'observons qu'une variable de dépôt de brevet effective (et non son anticipation), 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 :

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

Cette réécriture du modèle montre que les perturbations de notre modèle sont *a priori* corrélées puisque l'aléa de succès ε intervient dans toutes les équations. Il faut impérativement tenir compte de ces corrélations (1) au moment de l'estimation, parce que les variables dichotomiques que nous observons sont les contreparties empiriques des conditions suivantes :

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

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

et

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

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 si l'entreprise a *effectivement innové* en produit ou en procédé (2) ($\mu_{prod}^* > 0$ et/ou $\mu_{proc}^* > 0$). Cette censure résulte du comportement économique des entreprises et doit être traitée afin d'obtenir des estimateurs convergents des paramètres qui nous intéressent. 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 (3).

L'estimation d'un tel modèle simultané est effectuée en deux temps :

- Nous estimons *la forme réduite* du modèle. Nous supposons que le vecteur des perturbations du modèle est gaussien, et nous estimons donc la forme réduite de ce modèle par le maximum de vraisemblance simulé, à l'aide d'un simulateur GHK (Geweke, 1989 ; Hajivassiliou et al., 1993 ; Keane, 1994, cf. aussi Lollivier, 2003 et

Monfort, 2003 pour un exposé de ces méthodes) qui nous permet de prendre en compte la structure de corrélation des perturbations. Cette méthode permet de traiter le problème de censure mentionné plus haut.

- Pour estimer *la forme structurelle* du modèle et obtenir les paramètres d'intérêt α et β , nous utilisons la méthode des moindres carrés asymptotiques (cf. Gouriéroux et al., 1985 et Crépon et al., 1998 pour un autre exemple d'application). Cette méthode permet à la fois d'estimer les paramètres d'intérêt du modèle structurel (4), et de tester simplement la validité de ce modèle, par un test de suridentification.

Forme réduite : estimation par Maximum de vraisemblance simulé

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

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

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & 1 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 1 \end{pmatrix}$$

La log-vraisemblance correspondante s'écrit donc :

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

Les quantités qui nécessitent un traitement particulier sont celles qui prennent la forme du premier terme, car elles font intervenir des intégrales triples. Par exemple, la probabilité qu'une entreprise effectue chacun des deux types d'innovation et brevette, notée p_{111} , est égale à :

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

1. Il faut en fait surtout tenir compte des corrélations entre équations de la forme réduite (cf. infra).

2. 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.

3. À 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).

4. Notre modèle structurel fait intervenir les variables latentes (non observées) dans chacune des équations, donc il n'est pas possible d'estimer directement le système structurel par maximum de vraisemblance (et il faut implémenter cette méthode en deux étapes).

où $\varphi_3(\cdot)$ est la densité de la loi normale trivariée. Pour évaluer cette quantité, on utilise une méthode de simulation. Elle consiste à remplacer l'intégrale multiple (en fait l'espérance d'une fonction) par une moyenne de la même fonction calculée en différentes valeurs correspondant à des tirages effectués dans la loi de la variable aléatoire normale multidimensionnelle.

De fait, plutôt que d'avoir à manipuler un vecteur gaussien dont les trois composantes sont corrélées, on préfère se ramener à un vecteur gaussien centré réduit dont les composantes sont indépendantes. On utilise pour cela la décomposition de Choleski : puisque Σ est une matrice définie positive, on peut trouver une matrice triangulaire inférieure Λ telle que $\Sigma = \Lambda\Lambda'$. On peut 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. Il est plus facile d'effectuer des tirages dans v (trois tirages dans des lois univariées) que dans η (un tirage dans une loi trivariée).

Plus précisément, le principe du simulateur GHK consiste à effectuer des tirages récursifs dans des lois normales univariées et tronquées. En appliquant la règle de Bayes puis en remplaçant η par Λv , on obtient en effet :

$$\begin{aligned}\rho_{111} &= \Pr[\eta_1 > -X\pi_1, \eta_2 > -X\pi_2, \eta_3 > -X\pi_3] \\ &= \Pr[\eta_1 > -X\pi_1] \times \Pr[\eta_2 > -X\pi_2 | \eta_1 > -X\pi_1] \times \\ &\quad \Pr[\eta_3 > -X\pi_3 | \eta_1 > -X\pi_1, \eta_2 > -X\pi_2] \\ &= \Pr\left[v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}\right] \times \Pr\left[v_2 > -\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}v_1}{\lambda_{22}} \mid v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}\right] \\ &\quad \times \Pr\left[v_3 > -\frac{X\pi_3 + \lambda_{31}v_1 + \lambda_{32}v_2}{\lambda_{33}} \mid v_1 > -\frac{X\pi_1}{\lambda_{11}}, v_2 > -\frac{X\pi_2 + \lambda_{21}v_1}{\lambda_{22}}\right]\end{aligned}$$

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 :

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

Nous effectuons $D = 50$ tirages des variables aléatoires (v_1, v_2) et nous approximations ρ_{111} par la quantité suivante :

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

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 d'optimisation numérique disponibles sous SAS-IML.

Obtention des paramètres structurels par 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 vecteur des estimateurs des paramètres au premier ordre ; ce vecteur est asymptotiquement (5) normal :

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

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

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 :

$$X A_j = X_j \text{ avec } j \in \{prod, proc, brev\}$$

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

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

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

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

En posant :

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

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

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

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

5. Lorsque le nombre d'observations et de tirages tendent vers l'infini.

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 :

$$V(\omega) = M V(\hat{\pi}) M' \text{ avec } M =$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -\alpha_{prod} \\ 0 & 1 & -\alpha_{proc} \\ -\alpha_{brev}^{prod} & -\alpha_{brev}^{proc} & 1 \end{pmatrix} \otimes I_g$$

où g est le nombre de variables explicatives (donc de paramètres) 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 identifiantes (6), 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. Nous obtenons que notre modèle n'est pas rejeté par les données.

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

UNE ESTIMATION TENANT COMPTE DES COMPORTEMENTS D'INNOVATION ET DE DÉPÔT DE BREVETS PASSÉS

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 sont présentés dans le tableau suivant.

Le but de l'introduction de ces nouvelles variables est de capter d'éventuels effets fixes individuels susceptibles de biaiser l'estimation (biais de variable omise). Par exemple, si le fait d'avoir un dirigeant dynamique affecte positivement la probabilité d'innover, comme nous n'observons pas cette caractéristique de l'entreprise, cet effet « contamine » les estimations obtenues pour les autres variables. Mais si l'on suppose que le fait d'avoir un dirigeant dynamique a également affecté positivement la probabilité d'innover dans le passé, alors le fait d'introduire les variables décrivant les comportements passés d'innovation permet de corriger les estimations.

Malheureusement, les variables décrivant les comportements passés d'innovation semblent capter beaucoup plus que cet effet individuel, comme le montrent les estimations : 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.

Estimation du modèle en représentant l'hétérogénéité inobservée par le comportement d'innovation passé

	Forme réduite			Forme structurelle		
	Dépôt de brevet	Innovation de produit	Innovation de procédé	Dépôt de brevet	Innovation de produit	Innovation de procédé
Dépôt de brevet	-	-	-	-	0,36** (0,14)	0,08 (0,14)
Innovation de produit	-	-	-	0,22 (0,22)	-	-
Innovation de procédé	-	-	-	0,63 (0,48)	-	-
Dépôt de brevet retardé	0,87** (0,13)	0,20 (0,14)	- 0,09 (0,12)	0,96** (0,16)	- 0,17 (0,19)	0,22 (0,19)
Innovation de produit retardée	0,08 (0,16)	0,70** (0,12)	0,03 (0,15)	- 0,01 (0,24)	0,66** (0,13)	- 0,02 (0,15)
Innovation de procédé retardée	- 0,18 (0,14)	0,10 (0,12)	0,40** (0,12)	- 0,32 (0,23)	0,12 (0,12)	0,38** (0,12)
Importance des droits de la propriété intellectuelle						
Faible	Référence	Référence	Référence	Référence		
Modérée	0,74** (0,13)	0,23** (0,12)	0,07 (0,13)	0,64** (0,14)	-	-
Forte	0,87** (0,14)	0,36** (0,13)	0,05 (0,13)	0,79** (0,16)	-	-
R&D interne						
Nulle	Référence	Référence	Référence		Référence	Référence
Modérée	0,03 (0,16)	0,10 (0,13)	- 0,28* (0,16)	-	0,16 (0,13)	- 0,20 (0,15)
Forte	0,21 (0,18)	0,37** (0,17)	- 0,12 (0,17)	-	0,38** (0,17)	- 0,04 (0,16)
R&D externe						
Nulle	Référence	Référence	Référence		Référence	Référence
Modérée	0,20 (0,16)	0,10 (0,18)	0,06 (0,15)	-	0,10 (0,17)	0,10 (0,13)
Forte	0,29 (0,18)	- 0,13 (0,18)	0,05 (0,15)	-	- 0,08 (0,18)	0,14 (0,13)

Estimation du modèle en représentant l'hétérogénéité inobservée par le comportement d'innovation passé (suite)

Dépenses en machines et équipements innovants						
	Référence	Référence	Référence		Référence	Référence
Nulle	0,16	- 0,25	0,25*		- 0,29*	0,28*
Modérée	(0,15)	(0,16)	(0,15)	-	(0,16)	(0,14)
Forte	0,00	- 0,26	0,04		- 0,25*	0,06
	(0,15)	(0,13)	(0,13)	-	(0,13)	(0,12)
Projets innovants multiples						
	Référence	Référence	Référence	Référence	Référence	Référence
Non	0,36**	0,19	0,26**	0,17	0,06	0,24*
Oui	(0,12)	(0,11)	(0,12)	(0,17)	(0,14)	(0,14)
Degré d'opportunité technologique du secteur d'activité						
	Référence	Référence	Référence		Référence	Référence
Nul	0,19	0,42**	0,21*		0,34**	0,18*
Modéré	(0,12)	(0,11)	(0,11)	-	(0,11)	(0,11)
Fort	0,22	0,44**	0,24		0,35**	0,22
	(0,15)	(0,15)	(0,15)	-	(0,16)	(0,14)
Caractéristiques des firmes						
Log (CA)	0,19**	0,06	0,12**	0,11	- 0,01	0,10**
	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,06)	(0,05)	(0,05)
Taux de marge	1,11	0,16	0,53	0,88	- 0,37	0,43
	(0,72)	(0,66)	(0,64)	(0,82)	(0,70)	(0,65)
Diversification	- 0,03	0,34*	0,30*	- 0,26	0,34*	0,27
	(0,17)	(0,19)	(0,18)	(0,22)	(0,19)	(0,17)
Indicatrice « Exportation »	- 0,12	0,24*	- 0,05	- 0,13	0,27*	- 0,04
	(0,18)	(0,13)	(0,17)	(0,23)	(0,15)	(0,17)
Concentration du marché	- 0,04	- 0,04	0,04	- 0,05	- 0,03	0,04
	(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,07)	(0,05)	(0,06)
Variable sectorielle de taux d'imitation						
Log (taux d'imitation)	- 0,82	- 1,23*	- 0,20		- 1,25**	-
	(0,80)	(0,68)	(0,74)	-	(0,62)	-
Indicatrices sectorielles						
C1 : Habillement, cuir	- 0,67	- 0,17	0,00	- 0,65	0,08	0,07
	(0,48)	(0,28)	(0,37)	(0,48)	(0,35)	(0,37)
C2 : Édition, imprimerie, reprographie	- 0,49	- 0,33	0,04	- 0,53	- 0,08	0,07
	(0,46)	(0,25)	(0,34)	(0,49)	(0,32)	(0,34)
D0 : Industrie automobile	- 0,1	- 0,40*	0,02	0,05	- 0,39	0,00
	(0,26)	(0,24)	(0,25)	(0,31)	(0,25)	(0,25)
E1 : Construction navale, aéronautique, ferroviaire	- 0,49	- 0,73**	0,24	- 0,43	- 0,57	0,30
	(0,55)	(0,31)	(0,45)	(0,64)	(0,38)	(0,45)
F3 : Bois, papier	0,28	- 0,37*	0,34	0,10	- 0,43**	0,30
	(0,25)	(0,21)	(0,28)	(0,37)	(0,21)	(0,28)
F5 : Métallurgie	0,00	- 0,29**	- 0,09	0,11	- 0,28*	- 0,09
	(0,15)	(0,12)	(0,15)	(0,18)	(0,14)	(0,14)
F6 : Composants électriques et électroniques	- 0,33	- 0,46**	- 0,01	- 0,21	- 0,36*	0,05
	(0,22)	(0,19)	(0,19)	(0,26)	(0,22)	(0,20)
Constante	- 3,49**	- 1,48**	- 1,69**	- 2,07**	- 0,33	- 1,34**
	(0,65)	(0,61)	(0,61)	(0,86)	(0,73)	(0,67)
Variance						
Dépôt de brevet	1	0,17**	0,02	n.e.	n.e.	n.e.
	(imposé)	(0,06)	(0,05)			
Innovation de produit		1	0,11**		n.e.	n.e.
		(imposé)	(0,05)			

Estimation du modèle en représentant l'hétérogénéité inobservée par le comportement d'innovation passé (fin)

Innovation de procédé	1 (imposé)	n.e.
Log-vraisemblance	- 2152,15	
Test de suridentification		
Statistique		4,67
Degrés de liberté		10
Probabilité critique		0,912
Test du rapport de vraisemblance du comportement passé		
Statistique	113,5	
Degrés de liberté	9	
Probabilité critique	0	

Lecture : estimation par maximum de vraisemblance simulé et moindres carrés asymptotiques ; écarts-types entre parenthèses.

** : significatif à 10 % ; ** : significatif à 5 %, n.e. : non estimé.*

Les variables expliquées se rapportent à la période 1997-1999, les variables explicatives sont retardées (1996).

Champ : échantillon d'analyse (entreprises du secteur manufacturier interrogées dans les enquêtes CIS2 et FIT, Sessi).

Source : enquêtes FIT, CIS2, EAE (Sessi) et sources fiscales BRN (DGI).