

2000s-14

**Les obstacles à l'innovation
dans les industries de services
au Canada**

Pierre Mohnen, Julio Rosa

Série Scientifique
Scientific Series



CIRANO
Centre interuniversitaire de recherche
en analyse des organisations

Montréal
Avril 2000

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- École des Hautes Études Commerciales
- École Polytechnique
- Université Concordia
- Université de Montréal
- Université du Québec à Montréal
- Université Laval
- Université McGill
- MEQ
- MRST
- Alcan Aluminium Ltée
- Banque Nationale du Canada
- Banque Royale du Canada
- Bell Québec
- Développement des ressources humaines Canada (DRHC)
- Fédération des caisses populaires Desjardins de Montréal et de l'Ouest-du-Québec
- Hydro-Québec
- Imasco
- Industrie Canada
- Raymond Chabot Grant Thornton
- Télélobe Canada
- Ville de Montréal

© 2000 Pierre Mohnen et Julio Rosa. Tous droits réservés. All rights reserved.

Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.

Short sections may be quoted without explicit permission, provided that full credit, including © notice, is given to the source.

Ce document est publié dans l'intention de rendre accessibles les résultats préliminaires de la recherche effectuée au CIRANO, afin de susciter des échanges et des suggestions. Les idées et les opinions émises sont sous l'unique responsabilité des auteurs, et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

This paper presents preliminary research carried out at CIRANO and aims at encouraging discussion and comment. The observations and viewpoints expressed are the sole responsibility of the authors. They do not necessarily represent positions of CIRANO or its partners.

Les obstacles à l'innovation dans les industries de services au Canada *

Pierre Mohnen[†], Julio Rosa[‡]

Résumé / Abstract

De nombreux travaux se sont penchés sur les conditions qui favorisent les efforts en matière d'innovation technologique dans les entreprises canadiennes. L'objectif de cette étude est d'examiner l'innovation sous l'angle opposé, à savoir les obstacles perçus à l'innovation. Nous examinons les obstacles dans les industries des communications, de la finance et des services techniques. Les données proviennent de l'enquête innovation de 1996 menée par Statistique Canada. Premièrement, nous essayons de faire ressortir quelques facteurs expliquant la perception des obstacles à partir d'une analyse des données et d'un modèle économétrique. Deuxièmement, nous cherchons à déterminer dans quelle mesure certains obstacles sont complémentaires entre eux. Si complémentarité il y a, il faut adopter une approche systémique aux barrières à l'innovation pour y remédier efficacement.

Many economic studies have examined the conditions under which innovation occurs in Canadian firms. We take the opposite view and look at the impediments to innovations perceived by Canadian firms. We focus on three service sectors: communication, financial services and technical business services. The data come from the 1996 innovation survey conducted by Statistics Canada. The first objective of this paper is to explain why firms perceive the obstacles to innovation differently. We do so by performing a data analysis and an econometric analysis. The second objective is to find out whether some obstacles are complementary. If there is complementarity, a systems approach is called for to efficiently remove the innovation barriers.

Mots Clés : Innovation, complémentarité, services, résidus généralisés

Keywords: Innovation, complementarity, services, generalized residuals

* Adresse de l'auteur : Pierre Mohnen, CIRANO, 2020 rue University, 25^e étage, Montréal, Qc, Canada H3A 2A5
Tél. : (514) 985-4028 Fax : (514) 985-4039 courriel : mohnenp@cirano.umontreal.ca

Nous remercions Jacques Robert, Emmanuel Nyahoho, Adam Holbrook, Lars-Hendrik Röller et un lecteur anonyme pour leurs commentaires très utiles, de même que Fred Gault pour son encouragement. Nous sommes reconnaissants à Statistique Canada de nous avoir donné accès aux données de l'enquête innovation sur les services. Cette étude fut financée par la Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique de Statistique Canada.

[†] Université du Québec à Montréal et CIRANO

[‡] CIRANO

Introduction

L'innovation est depuis toujours au cœur du progrès technologique. Mais, plus que jamais elle est devenue une stratégie primordiale des entreprises. La mondialisation des affaires oblige celles-ci à s'ajuster continuellement face aux nouveaux produits et aux technologies de pointe et rend la concurrence extrêmement féroce. La course à l'innovation, que ce soit au niveau des produits, des procédés de fabrication ou de l'organisation interne des firmes, ne pardonne pas à ceux qui ne veulent pas ou qui ne savent pas s'y plier.

Il est dès lors important de savoir pourquoi certaines entreprises n'innovent pas et pourquoi certaines innovent plus que d'autres. Beaucoup d'études se sont penchées sur les déterminants de l'innovation et de la R-D en particulier. Les facteurs les plus examinés sont la taille des entreprises, le degré de concurrence, l'opportunité technologique et la capacité d'appropriation des bénéfices de l'innovation (voir Cohen (1995) et Kleinknecht (1996) pour un état de nos connaissances sur ce point). Les résultats empiriques sont assez mitigés. Une approche alternative, nous semble-t-il, consiste à examiner les freins à l'innovation. Or les enquêtes innovation comportent précisément des questions relatives à ces entraves telles que les perçoivent les firmes répondantes.

Dans les années 80, les statisticiens en science et technologie ont mis sur pied une méthode de collecte harmonisée de données visant à mieux mesurer le phénomène de l'innovation. Ils cherchaient plus précisément à saisir des données sur les dépenses en innovation allant au-delà des investissements en R-D (comme par exemple les achats de licences ou les mises en marché de nouveaux produits), mais aussi des mesures d'output de l'innovation autres que les brevets (par exemple, le chiffre d'affaires en produits innovants) et finalement des renseignements sur le processus même de l'innovation, comme les sources du savoir, les objectifs de l'innovation, la nature des partenariats de recherche, les mécanismes d'appropriabilité des bénéfices de l'innovation et finalement les obstacles perçus à l'innovation. Cet effort concerté coordonné par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a abouti au manuel d'Oslo (OCDE (1992, 1996)) et s'est concrétisé par la première vague des enquêtes innovation, dont celle en 1993 de Statistique Canada et de CIS1 « Community Innovation Survey 1 » en Europe. Celle-ci fut suivie au Canada par une deuxième enquête en 1996 portant sur trois secteurs importants des services (les services des communications, de la finance et les services scientifiques et techniques). Ce sont sur les données de cette enquête que repose notre étude. Il est à noter ici qu'une toute première base de données d'enquêtes innovation fut montée par le SPRU (« Science Policy Research Unit ») de l'Université de Sussex bien avant la rédaction du manuel d'Oslo (voir Robson et Townsend (1984)).

Notre étude vise deux objectifs. Le premier est d'examiner quels sont les obstacles à l'innovation les plus communément perçus par les entreprises canadiennes des services. S'agit-il d'un manque de fonds, de risques trop élevés, de carence en main-d'oeuvre qualifiée, d'une résistance au changement interne aux entreprises ou d'un contexte réglementaire trop lourd et désincitatif? Nous essayons aussi de voir si les obstacles perçus sont particuliers à chaque industrie ou s'ils dépendent plutôt de la taille, de la pression concurrentielle ou de l'intensité de la recherche.

Le deuxième et principal objectif de cette étude est de discerner des complémentarités entre ces entraves. Il est fort possible que certains obstacles soient interreliés. Ainsi, nous devrions nous attendre à ce qu'un manque de fonds propres entraîne un manque de capitaux externes. Surtout dans le domaine risqué de l'innovation, des pourvoyeurs de fonds verront d'un bon œil, ou exigeront même, une mise de fonds propre de la part des innovateurs. La perception des coûts élevés comme barrière à l'innovation va vraisemblablement de pair avec un manque perçu de fonds propres ou de capitaux extérieurs. De même, nous nous attendons à ce qu'une pénurie de personnel qualifié, un manque d'équipement spécialisé et des difficultés de financement mènent graduellement à des problèmes au niveau de la faisabilité et éventuellement de la réussite de l'innovation. D'autres obstacles plus institutionnels que techniques peuvent venir menacer le bon déroulement d'un projet d'innovation. L'état d'esprit qui caractérise la direction d'une entreprise se reflète dans la qualité et la compétence de son meneur mais également dans la qualification du groupe qui compose l'équipe dirigeante. Par conséquent, il est probable que le manque de qualification du personnel entraîne des résistances internes à l'innovation, qui à leur tour aboutissent à des processus administratifs plus pesants.

L'existence de telles complémentarités entraîne deux conséquences, l'une en matière de politique économique, l'autre en matière de formulation des enquêtes innovation. Si certains obstacles dépendent l'un de l'autre ou se renforcent mutuellement, il ne servira à rien de les combattre individuellement. Au contraire, une politique systémique sera de mise. Dans un sens, c'est ce que prêchent depuis belle lurette les défenseurs de la notion de systèmes nationaux d'innovation. Un système d'innovation se base sur un certain nombre de règlements, institutions, organisations, choix de localisation des centres de recherche et d'apprentissage, réseaux de chercheurs, types de financement, bref sur tout un enchevêtrement de caractéristiques interdépendantes reliées à l'innovation. Notre analyse devrait faire ressortir les éléments essentiels et les bordures de ce système.

L'autre utilité de cet exercice de classification ou de regroupements des obstacles a trait à la formulation des enquêtes innovation. Dans le questionnaire de l'enquête, les obstacles sont groupés sur base des critères suivants: les risques de faisabilité, les coûts élevés, le manque de disponibilité des intrants, les résistances internes à la firme et les lois et règlements.¹ Dans leur étude sur les données de cette même enquête, Baldwin et al (1998) ont proposé comme regroupements thématiques les risques de nature technique et de faisabilité, les entraves financières et les autres entraves. Si de tels regroupements s'avèrent exister, il se pourrait bien que les firmes aient tendance à répondre de la même manière aux obstacles faisant partie d'un même groupe, auquel cas on pourrait dans l'avenir fort bien réduire le nombre de questions des enquêtes, sachant qu'une certaine réponse a de fortes probabilités d'en entraîner une autre. Nous allons constater dans la suite de l'étude qu'un regroupement peut très bien être implicitement suggéré par la façon dont le questionnaire est organisé. Une telle organisation des obstacles n'est pas souhaitable, puisqu'elle est induite par la logique propre à l'enquête.

¹ Ces intitulés correspondent à ceux qui se retrouvent sur le questionnaire même de l'enquête, à ceci près que la base de données mise à notre disposition ne contient pas trois des obstacles apparaissant sur le questionnaire.

Le papier est structuré de la façon suivante. Dans la deuxième section, nous présentons les données. Dans la section 3, nous en faisons une analyse descriptive selon quelques axes de variation. Dans la section 4, nous analysons les complémentarités entre obstacles en faisant une analyse en composantes principales et en estimant un modèle probit multivarié ordonné. Dans la conclusion, nous résumons les principaux résultats de cette étude .

1. Présentation de la base de données

La présente étude porte sur les données des entreprises innovantes provenant de l'enquête innovation 1996 dans les services, menée par Statistique Canada. L'échantillon comporte trois groupes d'industries: les communications, les services financiers et les services techniques (voir tableau 1). Pour ces groupes d'industries nous disposons respectivement de 341, 90 et 1960 entreprises. Le tableau 2 donne quelques autres caractéristiques de notre échantillon. Sa représentativité est de 38 % dans l'industrie des communications, 54 % dans celle des services financiers et 9 % dans celle des services techniques. Les entreprises innovantes dans notre échantillon sont de petite taille dans le secteur des communications et des services techniques, où 62 % et 48 % respectivement ont moins de 20 employés. Ce n'est que dans le secteur de la finance que la proportion d'entreprises plus grandes est importante: 26 % d'entre elles ont plus de 500 employés.

Tableau 1
Les sous-secteurs de chaque groupe d'industries

Groupes d'industries	Sous-secteurs
Communications	Radiodiffuseur (cti 4811) Télédiffuseur (cti 4812) Radiodiffuseur et télédiffuseur combinés (cti 4813) Télédistributeur (cti 4814) Entreprises de télécommunications (cti 4821) Autres entreprises de télécommunications (cti 4839)
Services financiers	Banques à charte (cti 7021) Sociétés de fiducie (cti 7031) Assurance-vie (cti 7311)
Services techniques	Entreprises de services informatiques (cti 7721) Entreprises d'entretien et de réparation d'équipement informatique (cti 7722) Cabinets d'ingénierie (cti 7752) Autres entreprises de services scientifiques et techniques (cti 7759)

Tableau 2
Caractéristiques de l'échantillon

Groupes d'industries	Nombre d'entreprises dans l'échantillon	Représentativité de l'échantillon dans la population	Pourcentage d'entreprises de moins de 20 employés	Pourcentage d'entreprises de plus de 500 employés
Communications	341	38%	62%	7%
Services financiers	90	54%	7%	26%
Services techniques	1960	9%	48%	6%

Nous disposons de données sur treizes obstacles, dont les intitulés, avec les sigles que nous utiliserons dorénavant, sont repris dans le tableau 3. Les obstacles sont regroupés en cinq catégories dans le questionnaire. Trois obstacles sont liés au *risque*: le risque technique de ne pas voir le projet aboutir à quelque chose de marchandable, le risque d'échec lors de la mise en marché du produit et le risque d'imitation de la part des concurrents. Trois obstacles sont liés aux coûts: la difficulté de prédire les *coûts*, l'ampleur des coûts à subir et la durée d'amortissement de l'innovation. Les entreprises peuvent aussi être réticentes à innover lorsqu'elles manquent de fonds propres, d'accès au capital extérieur, de personnel qualifié ou de l'équipement nécessaire à réaliser l'innovation. Ce sont les obstacles liés à la *disponibilité des intrants*. Les entraves à l'innovation peuvent provenir d'une *résistance à l'innovation au sein même de l'entreprise*, qui peut se manifester notamment par une certaine lourdeur et lenteur dans l'approbation et le démarrage d'un projet d'innovation. Finalement, la *rigidité de lois et règlements* en place peut empêcher l'adoption de nouveaux produits, technologies ou formes organisationnelles.

Tableau 3
Statistiques descriptives sur les obstacles à l'innovation

Obstacles	Description	Moyenne	Variance
OBS1	Risque élevé lié à la faisabilité du projet d'innovation.	2.8916	1.7189
OBS2	Risque élevé concernant la réussite sur le marché visé par l'innovation	3.0435	1.7005
OBS3	L'innovation est facilement copiée par d'autres entreprises.	2.7066	1.6248
OBS4	Difficulté de prédire les coûts de l'innovation.	2.9900	1.4799
OBS5	Coûts élevés des projets d'innovation.	3.2494	1.5539
OBS6	Longue période d'amortissement des innovations.	2.6576	1.7425
OBS7	Manque de fonds propres pour la mise en œuvre de projets innovants.	2.8816	2.0726
OBS8	Manque de capitaux extérieurs pour des projets d'innovation.	2.6077	1.4763
OBS9	Manque de personnel qualifié pour des projets d'innovation.	2.7764	1.3135
OBS10	Manque d'équipement pour la mise en œuvre de projets d'innovation	2.1873	1.4036
OBS11	Résistance interne à l'innovation.	1.7714	1.1174
OBS12	Longs processus administratifs ou d'approbation pour la mise en oeuvre de projets d'innovation	1.7234	1.1240
OBS13	Lois et règlements ayant une incidence sur des projets d'innovation.	1.8803	1.4757

2. La perception des barrières à l'innovation : analyse descriptive

Dans cette section, nous passerons en revue la manière dont les barrières à l'innovation sont perçues par les répondants, suivant leur appartenance industrielle, leur taille, l'existence de dépenses de recherche et développement et l'intensité ressentie de la concurrence.

Dans l'enquête innovation, les réponses aux différentes entraves à l'innovation sont classées sur une échelle de Likert de (1) à (5) où (1) désigne une perception négligeable de l'entrave et (5) une perception primordiale. Le niveau de réponse (6) est réservé aux répondants qui jugent la question posée non pertinente. Si nous jetons un rapide coup d'œil sur les statistiques descriptives des obstacles à l'innovation (tableau 3), nous voyons que le coût élevé des projets d'innovation (OBS5) est l'obstacle le plus fortement ressenti en moyenne. Baldwin et Lin (1999) font le même constat à partir des données de l'enquête canadienne sur l'adoption de nouvelles technologies. Nous constatons aussi que les obstacles internes aux entreprises et ceux qui sont dus à l'environnement juridique et réglementaire (OBS11 à OBS13) sont les moins graves aux yeux des répondants. Les réponses sont assez variées sur la question du manque de fonds propres (OBS7) alors qu'elles sont relativement semblables en ce qui concerne le manque de personnel qualifié (OBS9) et les obstacles d'organisation interne à l'entreprise (OBS11 et OBS12).

Tableau 4

Répartition de la perception des obstacles par intensité, d'après les secteurs et l'intensité de la concurrence

	Non pertinent (6)	Négligeable (1)	Plutôt négligeable (2)	Modérément important (3)	Très important (4)	Primordial (5)
Tous les secteurs	24.9%	13.2%	14.3%	21.6%	19.6%	6.2%
Communication	30.9%	14.2%	10.7%	19.2%	17.5%	7.5%
Finance	24.8%	11.2%	18.1%	24.1%	18.6%	3.1%
Services Techniques	18.9%	14.3%	14.2%	21.5%	22.8%	7.9%
Concurrence faible	24.5%	15.8%	14.1%	19.9%	18.6%	6.6%
Concurrence forte	16.7%	13.2%	14.3%	22.5%	24.7%	8.7%

Nous avons résumé dans le tableau 4 le niveau de perception moyen des obstacles à l'innovation (c'est-à-dire la moyenne arithmétique sur les treize obstacles), pour l'ensemble des observations, par secteur et par niveau de concurrence. Au total, 25% des répondants trouvent les obstacles cités non pertinents. La plus forte fréquence de réponses « non-pertinent » se trouve dans le secteur des communications. La plupart des réponses se situent dans la catégorie neutre

« modérément important ». La fréquence de réponses diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la réponse centrale, de façon un peu plus marquée dans la direction des réponses fortes que celle des réponses faibles. Ainsi, seuls 6 % des répondants considèrent les obstacles comme primordiaux alors que 13 % les considèrent comme négligeables. La répartition des réponses n'est pas très différente entre secteurs, si ce n'est que la variance est moins grande dans le secteur de la finance.

Pour comparer les réponses aux entraves à l'innovation par niveau de perception de la concurrence, nous avons choisi deux groupes de firmes: celles qui jugent l'environnement concurrentiel plus faible que la moyenne de l'échantillon (sur une échelle de Likert) et les autres. Nous avons défini l'environnement concurrentiel par rapport aux sept dimensions de la concurrence contenues dans le questionnaire de l'enquête innovation: la concurrence par les prix, la capacité d'adaptation aux exigences des clients, la qualité, le service à la clientèle, l'adaptation du produit à l'utilisateur, la capacité de proposer un large éventail de produits connexes, et enfin l'introduction fréquente de produits nouveaux ou améliorés. Le tableau 4 révèle que les entreprises qui font face à moins de concurrence ont tendance à considérer les questions des entraves comme non pertinentes ou les entraves elles-mêmes comme négligeables, tandis que les entreprises soumises à plus de concurrence ont tendance à considérer les obstacles comme plus sévères. Ce constat peut signifier que la concurrence est un incitant à l'innovation et que les firmes les plus innovantes sont celles qui perçoivent le plus les obstacles à l'innovation ou, tout simplement, que les obstacles à l'innovation sont d'autant plus sévères que la concurrence est élevée.

Plus la taille des entreprises augmente, moins les entraves à l'innovation sont perçues comme fortes. Comme le montre le tableau 5, le pourcentage de répondants qui jugent les obstacles très importants à primordiaux est en général plus important pour les plus petites que pour les plus grandes entreprises. A défaut de données sur les firmes non-innovantes, nous avons aussi examiné si les firmes qui font de la recherche-développement répondent aux différents obstacles de la même manière que celles qui n'en font pas. A priori on se serait attendu à ce que les firmes qui perçoivent fortement les obstacles soient moins enclin à faire de la R-D. La causalité semble plutôt aller dans l'autre sens: la perception des obstacles est plus forte pour les firmes qui en font. Apparemment, les obstacles ne deviennent apparents que quand les entreprises y font face. Baldwin et Lin (1999) rapportent eux aussi une relation croissante entre l'intensité d'utilisation des nouvelles technologies au Canada et la perception des entraves.

Certains obstacles paraissent toucher davantage certains secteurs que d'autres. Ainsi, le secteur des communications est plus sensible que les autres aux entraves juridiques, les institutions financières sont davantage concernées par la résistance interne à l'innovation et le secteur des services techniques est le plus concerné par le manque de personnel qualifié. L'ensemble des barrières à l'innovation a le moins d'emprise sur le secteur financier, qui, rappelons-le, est aussi celui qui possède le plus haut taux d'entreprises de grande taille. Il n'est donc pas sûr que ce soit la taille ou le secteur qui explique la faiblesse des obstacles dans cette industrie. C'est dans le secteur des services techniques que le niveau de perception des obstacles dans leur ensemble est le plus prononcé.

L'environnement juridique est le moins fortement ressenti dans le secteur des services techniques. Ceci est peut-être dû au fait que le secteur de l'informatique, en particulier l'inforoute, ne relève pas encore d'un cadre réglementaire spécifique. Le risque ne semble pas jouer un grand rôle dans l'industrie de télécommunications, qui jusqu'à récemment était réglementé. Le manque de fonds propres et de capitaux externes est fortement ressenti dans les industries des télécommunications et des services techniques, mais pas, on s'en doute, dans le secteur de la finance.

Tableau 5

Proportion de répondants jugeant les obstacles très importants à primordiaux (en pourcentages)

	OBSTACLES												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Entreprises de moins de 20 employés	16.86	19.36	14.76	17.44	23.25	16.27	20.79	18.32	14.39	7.95	3.35	3.56	7.03
Entreprises de plus de 500 employés	3.47	3.68	1.92	2.51	5.14	1.88	1.92	1.92	2.01	0.29	0.54	1.00	0.54
Secteur des communications	22.0	25.0	19.0	28.0	46.0	30.0	31.0	29.0	23.0	21.0	8.0	15.0	29.0
Secteur des services financiers	31.0	34.0	28.0	30.0	45.0	21.0	20.0	10.0	15.0	7.0	11.0	10.0	16.0
Secteur des services techniques	41.0	48.0	31.0	41.0	53.0	31.0	43.0	36.0	36.0	14.0	8.0	7.0	10.0
Entreprises faisant de la R-D	48.0	54.9	35.5	46.1	59.2	34.9	47.6	40.7	38.8	15.9	8.4	8.5	12.9
Entreprises ne faisant pas de R-D	22.0	25.8	20.3	27.0	38.2	25.3	28.0	23.6	22.1	14.3	8.4	8.9	15.1

3. Complémentarité entre les obstacles à l'innovation

L'analyse descriptive de la section précédente révèle que les obstacles à l'innovation semblent être liés à la taille des entreprises, à leur secteur d'appartenance et au degré de concurrence qu'elles ressentent. Les obstacles semblent aussi être différemment perçus suivant que les entreprises font ou ne font pas de la R-D. Nous avons remarqué que des groupes d'obstacles semblaient se dessiner et que ces groupes ne correspondent pas nécessairement aux catégories définies sur le questionnaire de l'enquête.

Ceci nous mène au cœur de notre recherche : existe-t-il une complémentarité entre les obstacles? Autrement dit, quels sont les obstacles qui vont de pair ? Quelles sont les catégories de barrières qui sont complémentaires ? Pour ce faire, nous allons, dans un premier temps, examiner les corrélations binaires entre les réponses aux obstacles. Puis, nous allons recourir à une analyse en composantes principales pour essayer de dégager des groupes de barrières. Ensuite, nous ferons une analyse économétrique des déterminants de la perception des obstacles, ceci afin de découvrir des corrélations entre perceptions d'obstacles conditionnellement à la prise en compte des effets taille, secteur, concurrence perçue et recherche-développement. Nous nous sommes

tenus à ces quatre variables explicatives car ce sont les seules disponibles dans l'enquête qui nous paraissent exogènes à la perception des obstacles.

Analyse des corrélations binaires entre obstacles

Comme les évaluations sont subjectives, il est fort possible que chaque répondant ait un biais dans son évaluation personnelle de l'importance des obstacles, et ait parfois tendance, que ce soit par paresse ou par confusion, à répondre de la même façon à certaines questions. Certains répondants auront par exemple l'habitude de répondre plutôt aux extrêmes des choix de réponses. Pour palier à ce fait, qui pourrait évidemment biaiser les résultats, nous avons transformé les réponses en déviations par rapport aux moyennes individuelles des réponses de chaque répondant aux treize obstacles. Une distribution en quintiles des variances des réponses individuelles aux treize obstacles confirme la présomption qu'il y a bien un effet individuel qui joue : les quintiles de cette distribution sont respectivement 0.75, 1.10, 1.53, 2.07 et 4.10. Donc 60% des répondants ont une variance des treize réponses inférieure ou égale à 1.53. Ceci veut dire concrètement des réponses du genre (1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 5) ou (1, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 5, 5), autrement dit beaucoup de réponses identiques.

Les corrélations entre obstacles du tableau 6 à partir des données en déviations par rapport à la moyenne individuelle donnent une image assez nette des complémentarités et regroupements d'obstacles. Les corrélations positives signifient des paires de réponses en général conjointement au-dessus ou en-dessous des réponses moyennes individuelles. Les corrélations négatives à l'inverse indiquent des paires de réponses situées de part et d'autre des réponses moyennes individuelles. Les risques de faisabilité et de réussite (OBS1 et 2) semblent aller dans le même sens ainsi que le risque de copie, la difficulté de prédire les coûts et la grandeur des coûts (OBS3 à 5). Les trois obstacles liés aux coûts reçoivent des réponses semblables (OBS4 et 5), de même les difficultés d'accès aux sources de fonds (OBS7 et 8), le manque de personnel et d'équipements (OBS9 et 10), et les freins provenant de la gouvernance interne ou externe à l'entreprise (OBS10 à 12). Les autres obstacles ne semblent pas être complémentaires. En particulier, le succès commercial ne semble pas lié à la disponibilité d'équipements spécialisés (OBS2 et 10) et le manque de fonds propres n'a rien à voir avec les obstacles à l'innovation internes à l'entreprise (OBS7, 11 et 12). Les deux corrélations prédominantes sont celle entre les risques liés à la faisabilité et ceux liés à la réussite des projets (OBS1 et OBS2) et celle entre le manque de fonds propres et le manque de fonds externes (OBS7 et OBS8). D'une part, l'incertitude technique se répercute au niveau de la vente, d'autre part, les entreprises qui ont du mal à se financer à l'interne sont possiblement les mêmes que celles qui éprouvent des difficultés à se financer par des sources externes.

Les obstacles ont été regroupés dans le tableau 6 à partir des corrélations positives. Il n'est pas étonnant de voir des corrélations fortes entre entraves faisant partie d'une même classe dans le questionnaire (voir tableau 2). Plus intéressant est de constater des corrélations entre classes différentes. Il en va ainsi de la corrélation entre les risques de faisabilité ou de réussite (OBS1 et 2) et entre l'imprévisibilité ou le niveau des coûts (OBS4 à 5) : il est probable que l'incertitude

liée à la gestion du projet engendre des coûts additionnels, pour lesquels il faut trouver du financement. Il se peut aussi que le risque perçu soit d'autant plus grand que les coûts impliqués sont élevés. Il est finalement surprenant de constater qu'en règle générale les corrélations diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la diagonale. Ceci pourrait refléter un bon choix de classification des obstacles dans le questionnaire mais peut-être aussi un biais dans les réponses dû à l'ordre dans lequel apparaissent les questions.

Il faut être prudent dans l'interprétation des corrélations binaires. Le fait que deux obstacles soient positivement corrélés ne nous renseigne pas sur le lien de causalité entre eux. Il se peut que la relation soit imputable à une troisième variable qui influence fortement la relation binaire. C'est pour cela que nous allons dans un moment conditionner l'analyse des corrélations entre obstacles sur un certain nombre de variables explicatives communes. Mais avant cela, nous voudrions voir comment se ferait le regroupement entre obstacles à partir d'une analyse en composantes principales des données.

Tableau 6
Les corrélations entre obstacles à l'innovation
(en déviations par rapport à la moyenne individuelle)

	OBS1	OBS2	OBS3	OBS4	OBS5	OBS6	OBS7	OBS8	OBS9	OBS10	OBS11	OBS12
OBS2	0.50											
OBS3	0.01	0.13										
OBS4	0.12	0.05	-0.04									
OBS5	0.11	0.07	-0.17	0.34								
OBS6	-0.04	-0.04	-0.10	0.07	0.25							
OBS7	-0.15	-0.17	-0.16	-0.20	-0.06	-0.01						
OBS8	-0.17	-0.20	-0.15	-0.23	-0.13	-0.12	0.67					
OBS9	-0.10	-0.13	-0.06	-0.04	-0.18	-0.23	-0.14	-0.15				
OBS10	-0.29	-0.35	-0.14	-0.21	-0.28	-0.13	-0.01	-0.01	0.18			
OBS11	-0.27	-0.26	-0.14	-0.16	-0.24	-0.24	-0.33	-0.28	0.02	0.08		
OBS12	-0.28	-0.24	-0.13	-0.18	-0.21	-0.19	-0.35	-0.29	-0.09	0.06	0.57	
OBS13	-0.23	-0.22	-0.07	-0.21	-0.22	-0.12	-0.22	-0.17	-0.12	0.02	0.15	0.20

—— Zones de délimitation pour les regroupements possibles d'obstacles

Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales d'un ensemble de variables est une technique d'analyse des données qui consiste à synthétiser ces variables en quelques composantes orthogonales entre elles. Les composantes principales sont des combinaisons linéaires des variables de base, qui maximisent l'une après l'autre la variance dans ces données qui reste à expliquer. Donc, la première composante principale explique la majeure partie de la variance totale dans les données, la seconde la variance résiduelle après prise en compte de la première et ainsi de suite. On s'en tient souvent à deux ou trois composantes principales, précisément pour limiter la dimension de

l'explication d'un problème. L'interprétation donnée à une composante principale est celle des variables qui ont le plus de poids dans la combinaison linéaire.

Le but que nous poursuivons dans cette analyse en composantes principales n'est pas tant de synthétiser les treize obstacles en un petit nombre mais de découvrir ceux que l'on peut regrouper au sens où leur combinaison contribue grandement à expliquer la variance dans les réponses aux obstacles à l'innovation. Si dans ces regroupements que sont les composantes principales certains freins ont le même signe (quel qu'il soit), on peut affirmer qu'ils contribuent dans le même sens à expliquer la variation totale dans les réponses aux obstacles. Suivant le critère de Kaiser, qui retient les composantes principales dont la valeur propre correspondante est supérieure à 1, nous avons retenu trois plans factoriels. Les plans retenus reflètent les facteurs qui captent la plus grande variance de l'ensemble des réponses individuelles aux obstacles. Nous avons nommé les plans factoriels d'après les variables qui ont le plus grand poids dans la construction du facteur. Ainsi le premier facteur se nomme « Risque et résistance interne », car ce sont les variables OBS1, OBS2 OBS11 et OBS12 qui contribuent le plus à ce plan factoriel. L'analyse en composantes principales sur les données en déviations par rapport à la moyenne individuelle (tableau 7) confirme celle des corrélations binaires (tableau 6). Les obstacles liés aux risques (de faisabilité, de réussite et dans une moindre mesure de copiage) (OBS1,2 et 3) forment un tout, ainsi que les manques de fonds internes et externes (OBS 7 et 8), les coûts élevés (OBS5 et 6) et les freins internes à l'entreprise (OBS 11 et 12). Ces quatre groupes de facteurs caractérisent les trois composantes principales qui expliquent 50% de la variance des réponses en déviations.

L'analyse par les composantes principales nous a été utile pour valider le regroupement des obstacles en couples de compléments. Nous passons à présent à l'approche économétrique pour examiner les corrélations après neutralisation de l'effet des variables taille, secteur d'appartenance et degré de concurrence ressenti.

Une approche économétrique à la complémentarité entre les obstacles à l'innovation

Une autre approche à la détection des complémentarités entre obstacles à l'innovation consiste à estimer un modèle structurel où la perception des obstacles est expliquée par un certain nombre de variables. Ensuite, après avoir neutralisé l'effet de ces variables, nous pouvons examiner la corrélation résiduelle entre les obstacles. Plus précisément, nous estimerons un modèle probit multinomial ordonné, qui associe aux réponses catégorielles aux obstacles perçus à l'innovation des réalisations dans certains intervalles d'une variable latente. Le modèle économétrique et la façon de l'estimer sont formellement décrits dans l'annexe. Pour ce modèle, nous avons introduit comme variables explicatives supposément exogènes l'appartenance industrielle, la taille des firmes, le niveau de perception de la concurrence (N_c) et le fait de faire ou non de la recherche et développement (R-D). Toutes ces variables sont dichotomiques à l'exception du niveau de concurrence, qui prend des valeurs comprises entre 1 et 5.² Notons que par souci de cohérence

² Nous avons également estimé le modèle avec une variable dichotomique pour N_c , prenant la valeur 0 ou 1 selon que la firme perçoit plus faiblement ou plus fortement le niveau de concurrence que la moyenne générale des

Tableau 7
Analyse en composantes principales sur les obstacles à l'innovation
(en déviations par rapport à la moyenne individuelle)

Obstacles	Plan 1 Risques et résistance interne	Plan 2 Risques et manque de fonds	Plan 3 Risques et coûts élevés
OBS1	-0.3373	0.2507	0.2928
OBS2	-0.3269	0.2565	0.3694
OBS3	-0.0647	0.1194	0.4041
OBS4	-0.2342	0.2483	-0.2831
OBS5	-0.3027	0.1510	-0.4767
OBS6	-0.1956	0.0246	-0.4712
OBS7	-0.1585	-0.5723	-0.0198
OBS8	-0.1141	-0.5696	0.0526
OBS9	0.1254	0.0007	0.2463
OBS10	0.2803	-0.2015	0.0276
OBS11	0.4363	0.1868	-0.0646
OBS12	0.4280	0.2017	-0.1155
OBS13	0.2900	0.0608	-0.0526
Qualité de représentation en %	20.7	16.9	11.5
Qualité de représentation en % cumulé	20.7	37.6	49.1

avec l'analyse précédente, nous avons regroupé en une seule classe de réponse les choix « non-pertinent » et « négligeable ». Les classes de réponses vont donc de 1 à 5, où 5 représente le niveau primordial. Une analyse avec 6 catégories, où la sixième forme le premier groupe, donne des résultats très semblables. Il nous a donc paru inutile de distinguer une sixième catégorie. Les données en déviations par rapport à la moyenne individuelle ne sont plus des nombres entiers, néanmoins ils ne prennent qu'un nombre fini de valeurs. Nous avons décidé de les classer en cinq catégories, comme l'étaient les données originales. Les bornes séparant les catégories sont -2.4, -0.8, 0.8 et 2.4.

Le groupe de référence dans le tableau 8 est constitué des entreprises de l'industrie des services techniques de grande taille. Les coefficients des variables dichotomiques industries et tailles indiquent l'écart des seuils de la distribution des variables latentes pour les entreprises des autres industries et des autres tailles. Les obstacles 1 à 9 ont tendance à être moins fortement ressentis que les autres obstacles dans les secteurs des communications et de la finance et l'inverse est vrai pour les obstacles 10 à 13, c'est-à-dire les obstacles liés au manque d'équipement spécialisé, à la

entreprises dans l'échantillon. Les résultats obtenus par cette dernière spécification avaient les mêmes signes et une qualité d'ajustement à peine inférieure à la spécification finalement retenue.

gouvernance interne et à l'environnement juridique. Les petites firmes donnent des scores plus faibles aux obstacles 1, 2, 4, 5 et 11 et 12 et des scores plus élevés pour les autres obstacles. Les risques de faisabilité et de réussite, l'incertitude sur les coûts, les coûts élevés et les freins à l'innovation internes à la firme sont donc plus fortement ressentis que les autres obstacles par les grandes firmes. Par contre, les sources de financement (fonds propre, amortissement et fonds externes), le manque d'équipements et l'environnement juridique sont plus fortement perçus comme obstacles à l'innovation que les autres par les petites firmes. Le copiage et le manque de personnel qualifié ne sont pas ressentis différemment par des firmes de taille différente. Finalement, la pression concurrentielle fait augmenter la perception des risques (techniques, commerciaux et de copiage) comme obstacles mais réduit l'intensité des problèmes liés à la gouvernance et à l'accès à des fonds externes. Les firmes qui font de la R-D ressentent davantage les obstacles liés aux risques, aux coûts et aux problèmes de financement, moins fortement ceux liés au manque d'équipement et aux environnement internes et externes à la firme.

A partir des estimations du tableau 8, nous avons corrélé les résidus généralisés de chaque équation. Le tableau 9 fait ressortir surtout des complémentarités intra-groupes, les groupes étant ceux qui sont définis sur le questionnaire de l'enquête. Autrement dit, il y a complémentarité entre les obstacles liés aux différents types de risques (faisabilité, commercialisation, appropriabilité), entre ceux liés aux coûts (la hauteur des coûts, la difficulté à les prédire, la durée de la période d'amortissement), entre le manque de fonds propres et de capitaux externes, entre le manque de personnel qualifié et d'équipements spécialisés et entre la résistance interne à l'innovation et la lenteur administrative pour la mise en œuvre de projets d'innovation.

Mis à part ces complémentarités intra-groupes, nous avons décelé deux types de complémentarités inter-groupes. Coûts et risques semblent aller de pair ainsi que les problèmes de gouvernance interne et externe. Rien ne nous permet de conclure que ces risques élevés sont à l'origine des coûts et vice-versa, ou que plus il y a de règlements, plus la résistance interne au changement est forte. Tout ce que notre analyse suggère c'est que ces paires d'obstacles apparemment indépendants font partie d'une même problématique.

La prise en compte des quatre variables explicatives de la perception des obstacles ne change pas grandement les corrélations observées entre ces obstacles (comparaison des tableaux 6 et 9), ni les regroupements d'obstacles qui s'en dégagent. C'est comme si avec notre modèle nous avions expliqué à peu près la même fraction de la variance des réponses à chaque obstacle. Il semblerait donc que la clef de la compréhension des corrélations réside ailleurs.

Tableau 8
Modèle probit multinomial ordonné sur les obstacles à l'innovations
(en déviations par rapport à la moyenne individuelle)

		Variables dépendantes												
		OBS1	OBS2	OBS3	OBS4	OBS5	OBS6	OBS7	OBS8	OBS9	OBS10	OBS11	OBS12	OBS13
Variables explicatives	IND1	-0.45 (-6.22)	-0.45 (-5.76)	-0.39 (-5.43)	-0.41 (-5.76)	0.01 (0.23)	0.09 (1.23)	-0.03 (-0.48)	0.007 (0.10)	-0.27 (-3.51)	0.15 (2.06)	-0.02 (-0.27)	0.36 (4.85)	0.72 (10.14)
	IND2	-0.36 (-2.56)	-0.39 (-2.99)	-0.02 (-0.18)	-0.19 (-1.3)	-0.05 (-0.35)	-0.05 (-0.38)	-0.34 (-2.66)	-0.48 (-3.46)	-0.21 (-1.51)	-0.022 (-0.16)	0.44 (3.08)	0.49 (3.82)	0.69 (5.01)
	Taille1	-0.42 (-3.53)	-0.34 (-2.94)	0.07 (0.65)	-0.24 (-2.27)	-0.48 (-4.0)	0.24 (2.35)	0.49 (5.66)	0.35 (4.03)	-0.009 (-0.09)	0.44 (4.36)	-0.55 (-5.61)	-0.91 (-9.75)	0.23 (2.04)
	Taille2	-0.35 (-2.93)	-0.28 (-2.44)	-0.11 (-1.03)	-0.19 (-1.74)	-0.47 (-3.89)	0.06 (0.57)	0.42 (4.85)	0.20 (2.34)	0.11 (1.12)	0.48 (4.55)	-0.38 (-3.8)	-0.77 (-8.25)	0.27 (2.29)
	Taille3	-0.27 (-1.96)	-0.01 (-0.08)	-0.09 (-0.72)	-0.20 (-1.64)	-0.67 (-4.87)	0.15 (1.18)	0.02 (0.19)	-0.024 (-0.21)	0.11 (0.96)	0.29 (2.35)	-0.29 (-2.45)	-0.64 (-5.46)	0.37 (2.84)
	Nc	0.10 (3.55)	0.14 (4.8)	0.07 (2.59)	0.03 (1.27)	0.004 (0.16)	0.02 (0.73)	-0.05 (-1.68)	-0.08 (-2.92)	0.04 (1.56)	-0.03 (-1.16)	-0.12 (-4.41)	-0.12 (-4.33)	-0.07 (-2.37)
	R-D	0.30 (5.72)	0.28 (5.54)	0.12 (2.32)	0.11 (2.07)	0.18 (3.3)	-0.04 (-0.8)	0.16 (2.95)	0.16 (3.06)	0.007 (0.13)	-0.29 (-5.31)	-0.58 (-10.8)	-0.47 (-8.82)	-0.27 (-5.29)
	Constante et seuils	Alpha1	-2.93 (-12.39)	-2.82 (-11.71)	-2.30 (-12.6)	-3.25 (-11.4)	-3.48 (-12.62)	-2.41 (-12.17)	-3.11 (-9.77)	-2.54 (-14.3)	-2.63 (-13.0)	-2.28 (-12.98)	-3.18 (-19.35)	-3.36 (-20.5)
Alpha2		-1.11 (-6.54)	-1.0 (-6.11)	-0.65 (-4.26)	-1.55 (-9.81)	-2.09 (-12.01)	-0.73 (-4.61)	-0.72 (-4.77)	-0.65 (-4.46)	-0.77 (-4.97)	-0.32 (-2.09)	-1.17 (-7.67)	-1.31 (-8.82)	-0.001 (-0.01)
Alpha3		0.61 (3.68)	0.64 (3.95)	0.89 (5.8)	0.37 (2.36)	-0.24 (-1.42)	0.89 (5.69)	0.67 (4.49)	0.63 (4.38)	0.69 (4.51)	1.38 (8.61)	0.29 (1.89)	0.06 (0.41)	1.21 (7.19)
Alpha4		2.66 (12.84)	2.55 (14.32)	2.43 (14.8)	2.54 (14.01)	1.87 (10.58)	2.62 (15.63)	2.59 (16.92)	2.45 (15.34)	2.25 (13.52)	2.95 (14.89)	1.59 (8.01)	1.39 (6.84)	2.44 (12.95)
no.obs		2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205
Ratio de vraisemblance		51.39	64.09	62.52	55.61	47.65	19.17	86.00	81.90	28.51	83.36	97.50	52.65	11.58
% de prédiction correcte		56.87	50.79	54.92	59.00	52.56	57.91	48.39	46.84	52.60	56.14	54.50	56.64	52.56

IND1 et IND2 sont respectivement les secteurs des communications et de la finance.

Taille1, Taille2 et Taille3 sont les variables qui correspondent aux firmes de moins de 20 employés, de 20 à 99 employés et de 100 à 499 employés.

Nc est la variable de perception du niveau de concurrence moyen.

Entre parenthèses, la statistique de Student. En gras, les valeurs significatives.

TABLEAU 9

Corrélations des résidus généralisés (en déviations par rapport à la moyenne individuelle), tous secteurs confondus

	OBS1	OBS2	OBS3	OBS4	OBS5	OBS6	OBS7	OBS8	OBS9	OBS10	OBS11	OBS12
OBS2	0.48											
OBS3	0.042	0.14										
OBS4	0.11	0.05	-0.006									
OBS5	0.13	0.13	-0.11	0.38								
OBS6	-0.005	0.008	-0.09	0.13	0.31							
OBS7	-0.12	-0.09	-0.11	-0.16	-0.03	0.03						
OBS8	-0.12	-0.09	-0.08	-0.17	-0.10	-0.09	0.67					
OBS9	-0.08	-0.11	-0.10	-0.02	-0.11	-0.19	-0.11	-0.10				
OBS10	-0.19	-0.26	-0.09	-0.11	-0.22	-0.10	0.01	0.009	0.21			
OBS11	-0.18	-0.17	-0.08	-0.08	-0.17	-0.16	-0.23	0.009	0.07	0.10		
OBS12	-0.14	-0.12	-0.07	-0.09	-0.17	-0.11	-0.24	-0.17	-0.02	0.07	0.53	
OBS13	-0.10	-0.09	-0.01	0.14	-0.15	-0.08	-0.12	-0.10	-0.06	-0.04	0.11	0.14

Note: En gras, les corrélations qui sont significatives suite au test du score.

Conclusion

Dans la poursuite de leurs activités innovantes, les entreprises font face à un certain nombre d'obstacles liés aux risques de faisabilité et de commercialisation, aux coûts élevés liés aux projets d'innovation, aux problèmes de financement, à la disponibilité des facteurs nécessaires à la réalisation des projets innovants, à la résistance à l'innovation au sein-même de l'entreprise et à l'environnement réglementaire. Nous nous sommes basés sur les données de l'enquête innovation de 1996 de Statistique Canada qui porte sur les industries des communications, de la finance et des services techniques pour examiner les déterminants de la perception des obstacles et l'éventuelle complémentarité entre eux.

L'analyse que nous avons menée sous différents angles (statistique descriptive, analyse en composantes principales et estimation économétrique) montre que la perception aux entraves à l'innovation varie selon l'appartenance industrielle, la taille des entreprises, la perception de l'environnement concurrentiel et le fait de faire ou non de la R-D. Les grandes firmes sont davantage que les petites concernées par les risques de faisabilité et de réussite, les coûts élevés et l'incertitude à leur égard, et par les freins à l'innovation internes à la firme. Par contre, ce sont les difficultés de financement (fonds propres, capitaux externes et fonds d'amortissement) et le manque d'équipements spécialisés qui sont plus fortement perçus comme obstacles à l'innovation par les petites firmes. Le manque de personnel qualifié et le risque d'inappropriabilité des bénéfices de l'innovation ne sont pas perçus différemment par les petites et par les grandes firmes. A quelques exceptions près, les entraves à l'innovation sont le plus fortement ressenties dans l'industrie des services techniques. L'industrie des communications se soucie moins des risques techniques et commerciaux et plus de l'environnement réglementaire. L'industrie de la finance se déclare peu concernée par le manque de fonds mais davantage par la

résistance interne au changement. La principale entrave limitant l'activité d'innovation pour les trois groupes d'industries est le coût élevé des projets d'innovation. La pression concurrentielle exacerbe la perception des obstacles, en particulier ceux liés aux risques techniques et commerciaux, à la perte de la propriété intellectuelle et à l'incertitude sur les coûts. Les firmes qui font de la R-D ressentent les obstacles majeurs plus fortement que celles qui n'en font pas.

L'étude fait ressortir surtout des complémentarités intra-groupes, les groupes étant ceux qui sont définis sur le questionnaire de l'enquête. Nous avons décelé deux types de complémentarités inter-groupes. Coûts et risques semblent aller de pair ainsi que les problèmes de gouvernance interne et externe. Rien ne nous permet de conclure que ces risques élevés sont à l'origine des coûts ou vice-versa, ou que, plus il y a de règlements, plus la résistance interne au changement est forte. Tout ce que notre analyse suggère c'est que ces paires d'obstacles apparemment indépendants font partie d'une même problématique. Une solution à l'un de ces obstacles va probablement requérir une solution à l'obstacle qui lui est complémentaire. Par contre, nos résultats suggèrent aussi qu'il existe beaucoup moins de complémentarités entre les problématiques liées au manque de personnel qualifié, de gestion du risque, de financement de l'innovation, d'acceptation du changement et de contexte institutionnel que ne le sous-entend le concept de régimes d'innovation, qui suppose un ensemble de caractéristiques complémentaires spécifiques à une région ou à un pays.

Pour ce qui est de la formulation du questionnaire, il serait intéressant de tester davantage dans quelle mesure l'ordonnancement des questions, le libellé des questions (l'utilisation des mêmes termes tels que "risque" ou "coûts") et le regroupement de questions conditionnent les réponses. Il est en effet surprenant de constater que le signe et la grandeur des corrélations entre obstacles sont fonction de leur proximité dans le questionnaire (la distance par rapport à la diagonale dans la matrice de corrélation entre paires d'obstacles). Si certaines questions sont effectivement répondues de la même façon quel que soit leur emplacement dans le questionnaire il est possible d'en éliminer pour alléger le questionnaire.

Il serait intéressant de comparer la perception des obstacles à l'innovation et leurs complémentarités dans d'autres industries et dans d'autres pays et de tester ainsi l'hypothèse de problématiques à l'innovation communes à toutes les firmes, quels que soit leur emplacement et leur appartenance sectorielle.

Annexe

Chacune des treize entraves à l'innovation est modélisée comme une variable latente:

$$y_{ij}^* = \alpha_j + \beta_j'x_{ij} + u_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1,\dots,n_j \\ j=1,\dots,13 \end{array}$$

où les observations sont indexées par i et les entraves par j et x_{ij} sont les variables explicatives. Les termes d'erreurs des équations des variables latentes sont supposés être distribués de manière identique et indépendante selon une loi de distribution normale multivariée de moyenne nulle et de matrice de variance-covariance contemporaine Σ :

$$E(u_{ij}u_{ik}) = \sigma_{jk} \quad \forall i, E(u_{ij}) \sim N(0, \sigma_{ij} I_{n_j}).$$

Les réponses aux obstacles sont ordonnées et tombent dans 5 catégories différentes. Nous sommes donc en présence d'un modèle probit multinomial ordonné. Nous observons pour chaque obstacle les réponses :

$$\begin{array}{l} y_{ij} \in \text{groupe 1, } (Z_{ij1}=1), \text{ si } -\infty \leq y_{ij}^* \leq \varphi_{1j} \\ y_{ij} \in \text{groupe 2, } (Z_{ij2}=1), \text{ si } \varphi_{1j} < y_{ij}^* \leq \varphi_{2j} \\ y_{ij} \in \text{groupe 3, } (Z_{ij3}=1), \text{ si } \varphi_{2j} < y_{ij}^* \leq \varphi_{3j} \\ y_{ij} \in \text{groupe 4, } (Z_{ij4}=1), \text{ si } \varphi_{3j} < y_{ij}^* \leq \varphi_{4j} \\ y_{ij} \in \text{groupe 5, } (Z_{ij5}=1), \text{ si } \varphi_{4j} < y_{ij}^* \leq \infty, \end{array}$$

où Z_{ijl} ($l=1,\dots,5$) sont des variables dichotomiques.

L'estimateur du maximum de vraisemblance des paramètres α_j , β_j et φ_{lj} ($l=1,\dots,5$) est celui qui :

$$\begin{aligned} \max \log L_j = & \sum_i Z_{ij1} \log [\Phi(\alpha_{1j} - \beta_j'x_{ij})] + Z_{ij2} \log [\Phi(\alpha_{2j} - \beta_j'x_{ij}) - \Phi(\alpha_{1j} - \beta_j'x_{ij})] \\ & + Z_{ij3} \log [\Phi(\alpha_{3j} - \beta_j'x_{ij}) - \Phi(\alpha_{2j} - \beta_j'x_{ij})] + Z_{ij4} \log [\Phi(\alpha_{4j} - \beta_j'x_{ij}) - \Phi(\alpha_{3j} - \beta_j'x_{ij})] \\ & + Z_{ij5} \log [1 - \Phi(\alpha_{4j} - \beta_j'x_{ij})]. \end{aligned}$$

où Φ représente la fonction de distribution cumulative normale et α_{lj} ($l=1,\dots,5$) = $\varphi_{lj} - \alpha_j$. Les seuils catégoriels φ_{lj} sont estimés simultanément avec les paramètres structurels du modèle mais ne sont pas séparément identifiables des paramètres α_j .

Les résidus des équations à variable dépendante latente ne sont pas observables. Gouriéroux et al. (1987) ont défini le résidu généralisé comme étant la moyenne du terme d'erreur de la

spécification de la variable latente conditionnelle à la valeur observée de la variable discrète $\hat{u}_{ij}(\theta_j) = E(u_{ij}|y_{ij})$. Dans le cas du probit multinomial, nous avons:

$$\begin{aligned} E(u_{ij}|y_{ij}) = & Z_{1ij} [-\varphi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [\Phi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \\ & + Z_{2ij} [\varphi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\varphi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [\Phi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\Phi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \\ & + Z_{3ij} [\varphi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\varphi(\alpha_{3j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [\Phi(\alpha_{3j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\Phi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \\ & + Z_{4ij} [\varphi(\alpha_{3j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\varphi(\alpha_{4j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [\Phi(\alpha_{4j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\Phi(\alpha_{3j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \\ & + Z_{5ij} [\varphi(\alpha_{4j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [1-\Phi(\alpha_{4j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \end{aligned}$$

sachant par exemple que :

$$\begin{aligned} E(u_{ij}|\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij} \leq u_{ij} \leq \alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij}) \\ = -[\varphi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\varphi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})] / [\Phi(\alpha_{2j}-\beta_j \cdot x_{ij})-\Phi(\alpha_{1j}-\beta_j \cdot x_{ij})] \end{aligned}$$

où φ est la fonction de densité de la distribution normale. En pratique, les résidus généralisés sont évalués aux valeurs estimées des paramètres θ et se dénotent par $\hat{u}_{ij}(\hat{\theta})$.

Les corrélations entre paires de résidus généralisés nous renseignent sur le signe et la grandeur des corrélations entre les obstacles à l'innovation conditionnelles aux variables explicatives (x_{ij}) c'est-à-dire en maintenant constantes les autres variables. Pour tester si les covariances entre résidus généralisés sont significativement différents de zéro, nous nous basons sur le test du score (Gouriéroux et al. (1989)). Sous l'hypothèse nulle que $\sigma_{jk}=0$, la statistique du score est:

$$\xi_{jk} = \left(\sum_{i=1}^{n_j} \hat{u}_{ij}^0 \hat{u}_{ik}^0 \right)^2 / \sum_{i=1}^{n_j} (\hat{u}_{ij}^0 \hat{u}_{ik}^0)^2$$

$$\text{où } \hat{u}_{ij}(\theta_j) = E_{\theta_j}(u_{ij}/y_{ij})$$

$$\hat{u}_{ij}^0 = \hat{u}_{ij}(\hat{\theta}_j^0)$$

$$\hat{\theta}^0 = (\alpha_j, \alpha_{1j}, \alpha_{2j}, \alpha_{3j}, \alpha_{4j}, \beta_j)$$

Sous H_0 , la statistique du score est distribuée comme une χ^2 à un degré de liberté.

Bibliographie

- BALDWIN, J.R., G. GELLATLY, J. JOHNSON and V. PEETERS (1998), "L'innovation dans les industries de services dynamiques", Statistique Canada, cat. 88-516.
- BALDWIN, J. and Z. LIN (1999), "Impediments to advanced technology adoption for Canadian manufacturers", mimeo.
- COHEN, W.M. (1995), "Empirical Studies of Innovative Activities", in *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, P. Stoneman (ed.), Blackwell Publishers Ltd, Oxford.
- GOURIEROUX, C., A. MONFORT, E. RENAULT and A. TROGNON (1987), "Generalized residuals", *Journal of Econometrics*, 34, 5-32.
- GOURIEROUX, C. (1989), *Économétrie des variables qualitatives*. Economica, Paris.
- KLEINKNECHT, A. (ed.) (1996), *Determinants of Innovation: The Message from New Indicators*. Mac-Millan Press, London.
- MADDALA, G.S. (1983), *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (1992, 1996), *Oslo Manual*, Paris, 1ère, 2e édition.
- REYMENT, R. and K.G. JÖRESKOG (1993), *Applied Factor Analysis in the Natural Sciences*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROBSON, M. and J. TOWNSEND (1984), "Users Handbook for the ESRC Archive file on Innovations in Britain since 1945", mimeo, Science Policy Research Unit, University of Sussex.

Liste des publications au CIRANO *

Cahiers CIRANO / *CIRANO Papers* (ISSN 1198-8169)

- 99c-1 Les Expos, l'OSM, les universités, les hôpitaux : Le coût d'un déficit de 400 000 emplois au Québec — Expos, Montréal Symphony Orchestra, Universities, Hospitals: The Cost of a 400,000-Job Shortfall in Québec / Marcel Boyer
- 96c-1 Peut-on créer des emplois en réglementant le temps de travail? / Robert Lacroix
- 95c-2 Anomalies de marché et sélection des titres au Canada / Richard Guay, Jean-François L'Her et Jean-Marc Suret
- 95c-1 La réglementation incitative / Marcel Boyer
- 94c-3 L'importance relative des gouvernements : causes, conséquences et organisations alternative / Claude Montmarquette
- 94c-2 Commercial Bankruptcy and Financial Reorganization in Canada / Jocelyn Martel
- 94c-1 Faire ou faire faire : La perspective de l'économie des organisations / Michel Patry

Série Scientifique / *Scientific Series* (ISSN 1198-8177)

- 2000s-13 Finite Sample Inference Methods for Simultaneous Equations and Models with Unobserved and Generated Regressors / Jean-Marie Dufour et Joanna Jasiak
- 2000s-12 Protection, Lobbying, and Market Structures / Arye Hillman, Ngo Van Long et Antoine Soubeyrand
- 2000s-11 The Asian Financial Crisis: The Role of Derivative Securities Trading and Foreign Investors / Eric Ghysels et Junghoon Seon
- 2000s-10 Productivity Trends and Employment across Industries in Canada / Pierre Mohnen et Thijs ten Raa
- 2000s-09 Nouvelle économie, nouvelle organisation et technologies de l'information / Suzanne Rivard
- 2000s-08 Semi-Stationary Equilibrium in Leader-Follower Games / Ngo Van Long et Koji Shimomura
- 2000s-07 Strategic Behavior under Intertemporal Production Externalities / Richard Cornes, Ngo Van Long et Koji Shimomura
- 2000s-06 Preemption and Rent Dissipation with Multiple Investments / Marcel Boyer, Pierre Lasserre, Thomas Mariotti et Michel Moreaux
- 2000s-05 A Monte-Carlo Method for Optimal Portfolios / Jérôme Detemple, René Garcia et Marcel Rindisbacher
- 2000s-04 Cooperation in Public Goods Experiments / Claudia Keser (with comment by Claude Montmarquette)
- 2000s-03 The Illusion of Trust and Performance / Benoit A. Aubert et Barbara L. Kelsey

* Vous pouvez consulter la liste complète des publications du CIRANO et les publications elles-mêmes sur notre site Internet à l'adresse suivante :