



DIRECTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE ÉCONOMIQUE  
ET DE L'ANALYSE DES POLITIQUES



## Collection Documents de travail

# Déterminants de l'innovation, complémentarité de l'innovation et performance des entreprises au Canada

Dany Brouillette, Industrie Canada

Document de travail 2014-01



Cette publication est également offerte par voie électronique en version HTML :

[http://www.ic.gc.ca/eic/site/eas-aes.nsf/fra/h\\_ra02225.html](http://www.ic.gc.ca/eic/site/eas-aes.nsf/fra/h_ra02225.html).

Pour obtenir une copie de cette publication ou un format substitut (Braille, gros caractères), communiquer avec la :

Direction générale de la recherche économique et de l'analyse des politiques  
Industrie Canada  
Édifice C.D.-Howe  
235 rue Queen  
Ottawa, ON Canada  
K1A 0H5

Téléphone : 613-952-6666  
Télécopieur : 613-952-1936  
Courriel : [erpa-reap@ic.gc.ca](mailto:erpa-reap@ic.gc.ca)

### **Autorisation de reproduction**

À moins d'indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission d'Industrie Canada, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, qu'Industrie Canada soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec Industrie Canada ou avec son consentement.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, communiquer avec le :

Centre des services Web  
Industrie Canada  
Édifice C.D.-Howe  
235 rue Queen  
Ottawa, ON Canada  
K1A 0H5

Téléphone (sans frais au Canada) : 1-800-328-6189  
Téléphone (Ottawa) : 613-954-5031  
Télécopieur : 613-954-2340  
TTY (pour les personnes malentendantes seulement) : 1-866-694-8389  
Les heures de bureau sont de 8 h 30 à 17 h (heure de l'Est)

Courriel: [info@ic.gc.ca](mailto:info@ic.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada,  
représentée par le ministre de l'Industrie, 2011  
N° de catalogue lu-172-1/2014-1F-PDF  
ISBN 978-0-660-21346-0

N.B. Dans cette publication, la forme masculine désigne tant les femmes que les hommes.

Also available in English under the title *Drivers of Innovation, Complementarity of Innovation, and Performance of Enterprises in Canada*.



## Industrie Canada

# Analyse économique et statistiques

## Déterminants de l'innovation, complémentarité de l'innovation et performance des entreprises au Canada

Les idées et les opinions exprimées dans le document de recherche sont celles de l'auteur et ne représentent aucunement les idées ou opinions du ministère de l'Industrie ou du gouvernement du Canada.

Dany Brouillette \*

Industrie Canada

### Résumé

On a recours à un ensemble de données sur des entreprises de grande qualité pour éclairer la complexité du procédé d'innovation, pour reconnaître les intrants importants nécessaires à l'innovation et pour enquêter sur la relation entre l'innovation et la productivité au Canada. Les principaux résultats découlent d'un modèle de Crépon-Duguet-Mairesse; en voici un résumé : 1) ils corroborent l'intuition que l'innovation est un procédé complexe mettant en jeu plusieurs intrants; 2) ils confirment que l'innovation passée est l'intrant le plus déterminant pour l'innovation courante, entraînant la persistance de l'innovation; 3) ils indiquent qu'une classification procédé/organisation et produit/marketing semble bien décrire les relations dynamiques entre des types d'innovation; 4) ils concluent que les effets marginaux d'un procédé d'innovation sur la croissance de la productivité du travail sont positifs; et 5) ils nous apprennent que la question de la complémentarité/substitution de l'innovation relativement à la croissance de la productivité du travail gravite autour des innovations d'organisation et de procédé.

Le 19 février 2013

\* Maintenant à la Banque du Canada

## Table des matières

% " =bhf cXi Wjcb

&" FYj i Y`XY`U`]hf fUhi fY

' "'@'a cX,`Y

[3.1 Intrants de l'innovation : équation de R-D](#)

[3.2 Équation des extrants de l'innovation](#)

[3.3 Équation de la croissance de la productivité du travail](#)

( " 8cbbfYg

) " Ffgi`hUhg

[5.1 La complexité de l'innovation](#)

[5.2 Résultats de l'équation R-D](#)

[5.3 Résultats de l'équation des extrants de l'innovation](#)

[5.4 Résultats de l'équation de productivité](#)

[5.5 Complémentarité entre innovation et productivité](#)

[5.6 Mises en garde](#)

\* "'7cbWj g]cb

6]V`]c[ fUd\]Y

5bbYI Y`5"'J Uf]UV`Yg`i h`]gfYg`Yh`gci fWg`XYg`XcbbfYg

5bbYI Y`6"'GHUhg]ei Yg`XYgW]dhj] Yg

5bbYI Y`7"'Ffgi`hUhg

5bbYI Y`8"'8fhU]g`Xi`hYgh`XY`7UffYY`Yh`Vc`""f&\$\$%\$Ł

## 1. Introduction

Récemment, la question de l'innovation des entreprises et de la productivité a été au centre d'un débat stratégique au Canada. Certains rapports ont évoqué le faible taux d'innovation des entreprises au Canada pour expliquer l'écart de productivité observé avec certains pays comme les États-Unis (voir par exemple le Conseil des académies canadiennes, 2009; l'Institute for Prosperity and Competitiveness, 2011; et McFetridge, 2008). Ces rapports reconnaissent d'une part que les entreprises canadiennes sont au cœur de l'innovation, et d'autre part que peu de travaux empiriques au niveau des entreprises ont été effectués pour chercher à comprendre l'innovation des entreprises.

Entretemps, on s'est mis à reconnaître la complexité de l'innovation. Aujourd'hui, l'innovation est bien plus qu'une simple question de recherche-développement (R-D). On considère à présent que beaucoup d'autres facteurs peuvent avoir un impact sur le comportement innovateur des entreprises et leur performance, notamment les investissements en technologies de l'information et des communications (TIC), le recours à des technologies de pointe, l'intensité de la concurrence et l'accès aux marchés mondiaux. Dernièrement, l'investissement dans des actifs intangibles, comme les habiletés, les pratiques de gestion et les changements organisationnels, s'est taillé une place dans les discussions stratégiques touchant l'innovation des entreprises. Il faut aussi noter que la définition même de l'innovation a évolué depuis que les innovations en matière de marketing et d'organisation sont considérées comme différentes des innovations de produit et de procédé (OCDE, 2005).

L'objectif général de cette étude est de mettre en lumière la complexité du procédé d'innovation et d'étudier la relation entre innovation et croissance de la productivité du travail au Canada. Pour atteindre cet objectif, nous avons retenu un modèle Crépon-Duguet-Mairesse (CDM). En fait, notre objectif est triple. Premièrement, nous déterminons les intrants les plus importants pour chaque type d'innovation – procédé, produit, organisationnel et marketing – à partir d'une large gamme d'intrants. Deuxièmement, nous calculons les effets marginaux de chaque type d'innovation sur la croissance de la productivité du travail pour juger de la corrélation de chaque type d'innovation avec la productivité. Troisièmement, nous réalisons des tests de complémentarité afin de déterminer quelle combinaison de types d'innovation génère la meilleure croissance de la productivité du travail.

Les principales conclusions dégagées sont les suivantes : i) l'innovation est un procédé complexe qui fait intervenir différents intrants (par exemple l'utilisation des technologies de pointe, la R-D ou la formation); ii) la présence d'innovation antérieure est la variable la plus significative expliquant l'occurrence et l'ampleur de l'innovation courante, ce qui suggère une persistance des activités liées à l'innovation; iii) comparativement à la dichotomie traditionnelle entre innovation technologique et innovation non technologique, la classification produit-marketing et procédé-organisationnel semble mieux décrire les relations dynamiques existant entre les types d'innovation; iv) l'effet marginal de l'innovation de procédé sur la croissance de la productivité du travail est positif; v) les combinaisons d'innovations procédé-organisationnel et procédé-marketing sont des substituts dans l'équation de la croissance de la productivité du travail, alors que la combinaison produit-organisationnel est une complémentarité.

Au chapitre de l'incidence stratégique, les résultats soulèvent la question de déterminer comment mieux appuyer l'innovation des entreprises au Canada. Actuellement, la plus grande partie du soutien à l'innovation prend l'aspect d'un crédit d'impôt pour la R-D. On peut s'interroger sur la façon dont cela aide les entreprises à adopter de meilleures pratiques de gestion ou à exploiter d'une meilleure façon leurs capitaux de TIC ou leurs actifs intangibles. Des recherches supplémentaires s'imposent pour établir s'il est économiquement avantageux de soutenir les activités non liées à la R-D au même titre que les activités R-D, et pour savoir si cela peut contribuer à accroître, à long terme, la productivité du travail au Canada.

Voici comment est organisée la présente étude. La [section 2](#) est une revue de la littérature sur le modèle CDM et sur la complémentarité entre les types d'innovation. À la [section 3](#), on présente le modèle empirique et à la [section 4](#), on décrit l'ensemble de données utilisées. Les résultats principaux font l'objet de la [section 5](#), et les conclusions sont présentées à la [section 6](#).

## 2. Revue de la littérature

### Lien entre innovation et productivité

Il est généralement établi dans la littérature économique qu'il existe une relation positive entre innovation et productivité (voir par exemple Hall, 2011). Nombre de méthodes peuvent être utilisées pour mesurer cette relation, dont deux exemples sont la méthode de comptabilité de la croissance et les techniques de régression économétrique. C'est cette seconde approche que nous adoptons dans la présente étude, sous la forme d'un modèle Crépon-Duguet-Mairesse (CDM), un système d'équations à l'échelle de l'entreprise (Crépon et coll., 1998).

Le modèle CDM a été bâti pour aller au-delà de la relation entre la R-D et la productivité proposée initialement par Griliches (1979). L'idée à l'origine de ce modèle est d'introduire une étape intermédiaire entre l'intrant à l'innovation (R-D) et le résultat définitif (productivité) afin de prendre en compte l'incertitude liée au processus de transformation de la R-D en productivité. Cette étape intermédiaire prend la forme d'une équation génératrice de savoir ou de résultats de l'innovation qui, tout naturellement, relie R-D et productivité. Des exemples types de variables d'extrant de l'innovation sont la proportion des ventes de produits innovateurs, le taux de brevets ou un indicateur binaire de l'incidence d'une innovation. On en trouvera par exemple une revue dans Mairesse et Mohnen (2010).

Ces dernières années, les modèles CDM ont été largement utilisés, particulièrement pour les besoins de comparaison entre pays (OCDE, 2009; Griffith et coll., 2006; Mairesse et Mohnen, 2003). Dans l'ensemble, il appert que l'innovation de produit est corrélée positivement avec la productivité, mais que le cas de l'innovation de procédé s'avère plus complexe. En effet, la plupart des résultats semblent indiquer une corrélation nulle ou négative entre l'innovation de procédé et la productivité. Il semblerait qu'un tel résultat s'explique par la présence d'un effet perturbateur : à court terme, les ressources limitées de l'entreprise servent à intégrer le nouveau procédé dans l'organisation existante plutôt qu'à rendre la production réellement plus efficace. Une autre explication repose sur la définition même de productivité, qui englobe habituellement les ventes. Si l'innovation de produit a une incidence principalement sur les recettes, et que l'innovation de procédé touche principalement les coûts, l'absence de relation positive entre innovation de procédé et productivité (mesurée d'après les ventes) est compréhensible. En outre, dans la plupart des études, le problème est aggravé du fait de la courte période considérée entre l'introduction de l'innovation et la mesure de la productivité.

### Complémentarité de l'innovation

Les preuves expérimentales obtenues laissent croire à la présence d'une complémentarité entre l'innovation de procédé et l'innovation de produit. Cette relation a été analysée au moyen de différentes techniques, la plupart d'entre elles utilisant des tests indirects. Par exemple, Rouvinen (2002) base son test sur la corrélation estimative d'une Probit bivariée sur les innovations de produit et de procédé, alors que Reichstein et Salter (2006) ont recours à la corrélation entre les résidus d'une régression Logit (voir Arora et Gambardella, 1990). Par ailleurs, Martinez-Ros (1999) aboutit à une conclusion similaire en prenant en compte l'innovation antérieure dans ses spécifications empiriques. Un test de complémentarité plus direct a été réalisé par Miravete et Pernias (2004), qui se sont servis d'un modèle structurel. Ils ont trouvé que les innovations de produit et de procédé sont complémentaires (cas de l'industrie de la céramique en Espagne) et que cette complémentarité découle principalement de facteurs non observés. Les auteurs laissent entendre que des changements dans l'organisation ou d'autres actifs intangibles, comme les pratiques de gestion, pourraient déclencher tout le potentiel de la combinaison des innovations de produit et de procédé. Il faut noter que ces études utilisent un cadre dans lequel seulement deux types d'innovation (produit et procédé) étaient disponibles.

Conformément au point de vue de Miravete et Pernias, l'innovation non technologique (organisationnelle et marketing) s'est révélée complémentaire à l'innovation technologique (produit et procédé). En recourant à une stratégie empirique similaire à celle de Rouvinen (2002), Schmidt et Rammer (2007) sont arrivés à la conclusion que les innovations techniques et non techniques sont complémentaires. D'autres preuves indirectes de la complémentarité entre l'innovation organisationnelle et technologique ont été rapportées par Faria et Lima (2009) et Sappasert (2008). En exploitant les données de l'Enquête canadienne sur l'innovation de 1999, Cozzarin et Percival (2006) présentent des résultats qui appuient clairement l'hypothèse de la complémentarité. Leurs résultats suggèrent que l'innovation de produit et plusieurs stratégies organisationnelles, comme l'embauche de travailleurs diplômés ou qualifiés ou le fait de valoriser la réputation de l'entreprise ou du produit, sont des actions complémentaires dans l'équation profit-productivité.

Les résultats sur la complémentarité entre l'innovation et la productivité obtenus grâce à un modèle CDM sont mitigés. Robin et Mairesse (2008) constatent que les innovations de produit et de procédé sont corrélées positivement avec la productivité, mais que l'incidence de l'innovation de procédé est plus élevée quand on la combine avec l'innovation de produit. D'autres preuves de complémentarité sont décrites par Polder et coll. (2010). Leurs résultats sont dans la même veine que la complémentarité de l'innovation organisationnelle-procédé sur la productivité constatée pour les Pays-Bas. On conclut donc qu'en introduisant à la fois l'innovation organisationnelle et l'innovation de procédé on rehausse plus fortement la productivité qu'en utilisant ces types d'innovation séparément. Il faut noter que ce concept est différent de la mesure de corrélation entre types d'innovation déjà citée, car il mesure les changements de productivité quand on applique différentes combinaisons d'innovation. Polder et coll. ont aussi découvert que les innovations produit-procédé sont complémentaires, tandis que les innovations produit-organisationnelle sont des substituts.

En revanche, Hall et coll. (2011) n'a pas réussi à faire la preuve d'une complémentarité entre innovations de produit, de procédé et organisationnelle dans l'équation de la productivité pour l'Italie. Fait intéressant, bien que ces deux études arrivent à des conclusions opposées, elles sont comparables puisqu'elles ont utilisé les mêmes intrants (investissements en R-D et en TIC) et les mêmes extrants d'innovation et appliqué une méthodologie CDM très similaire. Ainsi qu'on l'a mentionné au début de cette section, des effets perturbateurs à court terme attribuables à l'introduction de plusieurs types d'innovation pourraient expliquer l'absence de preuve de complémentarité dans l'étude de Hall et coll.

### 3. Le modèle

Le modèle exposé dans cette étude s'inspire grandement de Polder et coll. (2010) et de Hall et coll. (2011), mais possède trois aspects distinctifs. Premièrement, la fourchette des intrants est beaucoup plus large. Outre les dépenses en R-D, on prend en compte l'innovation antérieure, les brevets détenus par l'entreprise, le nombre de technologies de pointe et la formation. Contrairement aux études de Hall et coll. et de Polder et coll., on ne tient pas compte des investissements en TIC à l'échelle de l'entreprise, car ces données ne sont pas disponibles. Deuxièmement, l'innovation de marketing est prise en considération en plus des innovations de produit, de procédé et organisationnelle. Troisièmement, dans un modèle on se sert de variables continues des extrants de l'innovation : dépenses en innovations de procédé, de produit ou de marketing et pourcentage de travailleurs touchés par l'innovation organisationnelle.

Malgré le fait que de nombreuses études citées dans la [section 2](#) emploient des indicateurs binaires pour l'innovation, le recours à des variables continues n'est pas une nouveauté. Par exemple, dans certaines études on se sert des parts de ventes découlant du produit innovateur (OCDE, 2009). Le fait d'employer les ventes d'un produit innovateur contrôle la qualité de l'innovation, mais l'inconvénient de cette démarche est qu'elle ne vaut que pour les innovations de produits. Un autre exemple est l'étude de Peters (2008) qui a utilisé les économies de coûts dues à l'innovation de procédé en plus des ventes de produits innovateurs. L'originalité de la présente étude est donc d'avoir une variable continue pour chacun des quatre types d'innovation.

Le modèle employé ici est un modèle CDM à trois étapes modifié. Les trois parties du modèle CDM constituent un système d'équations à structure récurrente. La troisième étape calcule la régression de la productivité sur des indicateurs d'innovation. Les indicateurs découlent de la deuxième étape, soit l'équation des extrants de l'innovation. Enfin, les extrants de l'innovation obtenus à l'étape deux sont reliés aux intrants de l'innovation au moyen de l'équation de la première étape.

#### 3.1 Intrants de l'innovation : équation de R-D

La variable dépendante à la première étape est le log des dépenses de R-D moyennes pour 2005 à 2007, comme le montre l'équation (1) :

$$\ln(RD_i) = \alpha \left( \begin{array}{c} RD_i^{2004} \\ ADVTECH_i \\ X_i^{2005-07} \end{array} \right) + \epsilon_i \quad (1)$$

où  $i$  désigne l'entreprise  $i$  et  $\epsilon_i$  est le terme d'erreur habituel. Les variables du membre de droite comprennent les dépenses de R-D décalées et le nombre de technologies de pointe utilisées. D'autres variables de contrôle ( $X_i$ )

sont la taille de l'entreprise, la province, l'industrie, le pays décideur et des variables binaires de multi-établissement. Les sources et les définitions des variables utilisées sont regroupées dans la [section 4](#) et dans l'[annexe A](#).

Puisque toutes les entreprises n'ont pas eu des activités de R-D entre 2005 et 2007, on estime un modèle Tobit qui donne les dépenses de R-D prédites pour toutes les entreprises, même celles qui n'ont rapporté aucune activité de R-D<sup>1</sup>. On fait donc ici l'hypothèse, comme dans de nombreuses autres études (voir par exemple Polder et coll., 2010; Griffith et coll., 2006), que toutes les entreprises ont le potentiel de réaliser des activités de R-D.

### 3.2 Équation des extrants de l'innovation

#### Modèle 1 : incidence de l'innovation

Les variables des extrants de l'innovation utilisées dans la deuxième étape du modèle 1 sont mesurées au moyen de quatre variables discrètes indiquant que l'innovation de produit, de procédé, organisationnelle ou de marketing a été introduite par l'entreprise entre 2007 et 2009 ( $I_k$ ). Les quatre équations sont estimées conjointement grâce à un Probit multivarié. Les équations latentes sont données par :

$$I_i^k = \beta_1^k \begin{pmatrix} J_i^{\text{PRCS}} \\ J_i^{\text{ORGZ}} \\ J_i^{\text{PRDT}} \\ J_i^{\text{MRKT}} \end{pmatrix} + \beta_2^k \begin{pmatrix} \ln \widehat{RD}_i \\ \text{ADVTECH}_i \\ \text{TRAINING}_i \\ \text{PATENTS}_i \\ X_i^{2005-07} \end{pmatrix} + \xi_i^k \quad (2)$$

où  $k$  désigne les innovations de procédé (PRCS), organisationnelle (ORGZ), de produit (PRDT) et de marketing (MRKT). Étant donné que les  $\beta$  ont pour exposant  $k$ , quatre ensembles de paramètres sont estimés.

L'innovation antérieure ( $J^k$ ) est incluse dans les équations. La signification des paramètres estimés  $\beta_1^k$  consiste en un test indirect sur la complémentarité des types d'innovation. Les prédictions des dépenses de R-D ( $\ln \widehat{RD}$ ) proviennent de l'équation (1). PATENTS désigne le nombre de brevets canadiens que possède une entreprise et TRAINING est une variable binaire égale à 1 si des employés ont suivi une formation à la suite de l'introduction de technologies de pointe.

On présume que les  $\xi^k$  sont corrélés de la façon suivante :

$$\begin{bmatrix} \xi^{\text{PRCS}} \\ \xi^{\text{PRGZ}} \\ \xi^{\text{PRDT}} \\ \xi^{\text{MRKT}} \end{bmatrix} \sim N \left[ \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & \Sigma_{\text{ORGZ}}^{\text{PRCS}} & \Sigma_{\text{PRDT}}^{\text{PRCS}} & \Sigma_{\text{MRKT}}^{\text{PRCS}} \\ \cdot & 1 & \Sigma_{\text{PRDT}}^{\text{ORGZ}} & \Sigma_{\text{MRKT}}^{\text{ORGZ}} \\ \cdot & \cdot & 1 & \Sigma_{\text{MRKT}}^{\text{PRDT}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{pmatrix} \right]$$

Les variances ont été standardisées à des fins d'identification. Le Probit multivarié est estimé en faisant appel à un algorithme de maximum de vraisemblance simulé développé par Cappellari et Jenkins (2003)<sup>2</sup>.

Même si d'autres intrants de l'innovation ont été pris en compte, seules les dépenses de R-D sont prédites à la première étape. Pour traiter les intrants non liés à la R-D de la même manière, il faudrait beaucoup plus de renseignements, et l'impossibilité de faire cela doit être vue comme une contrainte.

Outre ce problème d'endogénéité possible, une autre difficulté est le chevauchement des périodes d'innovation. L'innovation antérieure est définie comme celle de la période de 2005 à 2007, et l'innovation courante comme celle de la période de 2007 à 2009. Malheureusement, rien ne peut être fait pour distinguer l'effet de l'année commune (2007), puisque les données ne sont pas fournies par année, mais par période de trois ans. Enfin, même si un grand nombre d'années de données sont disponibles, la dimension longitudinale n'est pas exploitée et les autres variables sont regroupées en conséquence pour concorder avec ces périodes.

## Modèle 2 : niveau d'innovation

Les extrants de l'innovation dans ce modèle sont mesurés par quatre variables continues. Dans le cas des innovations de produit, de procédé et de marketing, il s'agit des montants dépensés pour ces types d'innovation. Pour ce qui est de l'innovation organisationnelle, il s'agit du pourcentage de travailleurs touchés par les changements.

En conséquence, le changement majeur dans l'équation (2) est le remplacement de variables dépendantes discrètes par leurs pendants continus. Toutes les variables explicatives restent inchangées comme dans l'équation (3).

$$INT_i^{k,2007-09} = \beta_1^k \begin{pmatrix} J_i^{PRCS} \\ J_i^{ORGZ} \\ J_i^{PRDT} \\ J_i^{MRKT} \end{pmatrix} + \beta_2^k \begin{pmatrix} \ln \widehat{RD}_i \\ ADVTECH_i \\ TRAINING_i \\ PATENTS_i \\ X_i^{2005-07} \end{pmatrix} + \xi_i^k \quad (3)$$

où  $INT$  mesure le niveau d'innovation et  $k$  prend la même valeur que dans l'équation (2). On procède à l'estimation des quatre équations du modèle 2 en employant quatre régressions Tobit indépendantes. C'est là une autre différence avec le modèle 1, dans lequel les quatre équations étaient estimées conjointement. Ainsi que le montre le [tableau 10](#), les niveaux d'innovation sont moins corrélés que l'incidence, ce qui vient corroborer l'emploi de régressions indépendantes. Le Tobit prend en compte la solution de coin pour les non-innovateurs.

### 3.3 Équation de la croissance de la productivité du travail

À la dernière étape, on estime la régression de la croissance de la productivité du travail pour les indicateurs d'innovation prédits à la deuxième étape afin de connaître la corrélation entre innovation et productivité. Étant donné que la deuxième étape n'est pas identique dans les modèles 1 et 2, les équations de la troisième étape dans ces deux modèles sont différentes.

#### Modèle 1 : incidence de l'innovation

L'équation de la productivité dans la dernière étape du modèle 1 est :

$$\Delta LP_i = \sum_{m \in M} \eta_1^m I(\text{PRCS}, \text{ORGZ}, \text{PRDT}, \text{MRKT}) + \eta_2 \begin{pmatrix} CAP_i \\ AGE_i \\ XPWO_i \\ XPUS_i \\ C\_INDEX_i \\ GVC_i \\ X_i^{2007-09} \end{pmatrix} + \mu_i \quad (4)$$

La croissance de la productivité du travail ( $\Delta LP$ ) est définie comme le ratio du taux de croissance des ventes à l'emploi entre 2007 et 2008 (les données pour 2009 n'étant pas disponibles au moment opportun). Le ratio capital-travail  $CAP$  est défini de façon identique. Les exportations vers les É.-U. ( $XPUS$ ) et celles vers le reste du monde ( $XPWO$ ) sont les moyennes sur 2007 et 2008. Les variables additionnelles du membre de droite sont l'âge de l'entreprise, un indice de l'intensité de la concurrence ( $C\_INDEX$ ) et un indicateur de l'existence d'activités de cette entreprise à l'étranger ( $GVC$ ).

L'ensemble  $\mathbf{M}$  contient les probabilités d'être l'un des 16 profils d'innovateur. Selon la notation de l'algèbre binaire, ces probabilités sont définies ainsi :  $\mathbf{I}(0000)$ ,  $\mathbf{I}(0001)$ ,  $\mathbf{I}(0010)$ , ...,  $\mathbf{I}(1110)$ ,  $\mathbf{I}(1111)$ . Chaque chiffre correspond à un type d'innovation – l'ordre étant PRCS, ORGZ, PRDT et MRKT – et zéro signifie que ce type d'innovation n'est pas introduit. Par exemple, la probabilité qu'une entreprise soit exclusivement un innovateur PCRS est représentée par  $\mathbf{I}(1000)$ . De la même manière,  $\mathbf{I}(0110)$  représente la probabilité qu'une entreprise soit un innovateur à la fois ORGZ et PRDT, alors que  $\mathbf{I}(1001)$  représente la probabilité qu'une entreprise soit un innovateur à la fois PCRS et MRKT.

Pour chacune des entreprises, on a estimé ces 16 probabilités, l'hypothèse étant qu'il y a une probabilité positive d'appartenir à n'importe laquelle de ces catégories de profil d'innovateur. C'est la même hypothèse que pour les dépenses en R-D. Ces probabilités sont calculées à partir des paramètres estimés par les équations (2) (voir Cappellari et Jenkins, 2006). Puisque la somme donne 1 pour chacune des entreprises, aucune constante n'est incluse dans l'équation (4).

### Modèle 2 : niveau d'innovation

Pour le modèle 2, l'équation de la productivité devient :

$$\Delta LP_i = \sum_{m' \in M'} \eta_1^{m'} \text{INT}(\text{PRCS}, \text{ORGZ}, \text{PRDT}, \text{MRKT}) + \eta_2 \begin{pmatrix} CAP_i \\ AGE_i \\ XPWO_i \\ XPUS_i \\ C\_INDEX_i \\ GVC_i \\ X_i^{2007-09} \end{pmatrix} + \mu_i \quad (5)$$

En utilisant une notation semblable à celle du modèle 1, l'ensemble **M'** renferme 15 éléments désignant les niveaux d'innovation prédits et les termes d'interaction entre eux. Les prédictions sont tirées de l'équation (3). Ainsi, les termes **INT**(1000) et **INT**(0001) désignent respectivement les dépenses prédites en innovations PRCS et MRKT, tandis que **INT**(1001) représente le terme d'interaction entre les dépenses PRCS et MRKT. Selon la même logique, **INT**(1110) désigne le terme d'interaction entre les niveaux d'innovation PRCS, ORGZ et PRDT. Comme dans le modèle 1, le niveau de chaque type d'innovation est prédit pour chacune des entreprises. Le terme **INT**(0000) ne figure pas dans l'équation (5), puisqu'il vaut zéro pour toutes les entreprises. En revanche, une constante est incluse. Toutes les autres variables sont les mêmes que dans l'équation (4).

- 1 La procédure proposée par Cameron et Trivedi (2009), page 540, sert à éviter de perdre des observations quand on prend le log des producteurs sans R-D. Essentiellement, cette méthode consiste à appliquer un seuil pour le Tobit juste sous la statistique de premier ordre de la variable R-D.
- 2 Leur fonction **mvprobit** met en œuvre l'algorithme Geweke, Hajivassiliou et Keane, et 200 tirages de Halton ont été employés.

## 4. Données

Toutes les variables ont été tirées de bases de données administratives ou d'enquêtes de Statistique Canada, à l'exception des brevets dont les données ont été extraites de la base de données de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC). Toutes les variables sont exprimées à l'échelle de l'entreprise. Les variables exprimées en dollars canadiens ont été ramenées à des dollars constants au moyen de l'indice des prix des comptes canadiens de productivité de Statistique Canada (KLEMS).

### Variables liées à l'innovation

Toutes les variables des extrants de l'innovation proviennent de l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise de 2009 (EISE). Comme on le mentionne à la section 2, les variables dépendantes du modèle 1 sont des variables binaires indiquant si l'innovation a été introduite ou non, alors que celles du modèle 2 sont des variables continues des sommes dépensées en innovation (ou du pourcentage de travailleurs touchés pour ORGZ).

Le cadre CDM classique se sert des dépenses en R-D comme principal intrant à l'innovation. Les dépenses en R-D à l'échelle de l'entreprise ont été obtenues de la base de données Recherche et développement dans l'industrie canadienne (RDIC). Essentiellement, la RDIC est un recensement de tous les exécutants de R-D au Canada, de sorte qu'un enregistrement manquant est, par hypothèse, une valeur zéro. L'adoption de technologies de pointe est un autre intrant de l'innovation inclus dans l'analyse. Les nouvelles technologies améliorent la façon de mener des activités commerciales, tout en rehaussant indirectement la capacité des entreprises à assimiler de nouveaux savoirs grâce à de meilleures compétences (pour une revue du concept de la capacité d'absorption de Cohen et Levinthal, voir Volberda et coll., 2009). Cette conséquence indirecte est pertinente pour l'innovation, car de

nouvelles idées peuvent entraîner d'autres innovations. L'Enquête sur les technologies de pointe de 2007 (ETP) nous informe sur le nombre de technologies de pointe exploitées par l'entreprise, donnant ainsi un indice de son niveau de sophistication technologique. La variable formation provient également de l'ETP.

Les activités reliées à l'innovation antérieure peuvent jouer un rôle essentiel pour les activités d'innovation courantes, notamment quand on constate une complémentarité entre les types d'innovation présents (voir par exemple Le Bas et Poussing, 2012; Peters, 2009). Il peut en découler une persistance des activités d'innovation – et par le fait même des activités de R-D – en raison des coûts fixes consentis par l'entreprise qui a décidé de faire de l'innovation. Les décisions antérieures (variables binaires) sur des innovations PRCS, ORGZ, PRDT et MRKT couvrent la période de 2005 à 2007 et sont tirées de l'ETP.

Le dernier intrant considéré est le nombre de brevets canadiens détenus par l'entreprise en 2006. Ces données ont été tirées de la base de données de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC). Par hypothèse, un enregistrement manquant vaut zéro, mais c'est une sur-simplification puisqu'il se peut fort bien qu'un enregistrement manquant résulte de l'impossibilité d'apparier l'enregistrement de l'OPIC avec des bases de données de Statistique Canada. Plus important encore, les données de l'OPIC ne comprennent pas les brevets accordés à l'étranger.

Dans certaines études récentes, on a ajouté une équation pour les investissements en TIC (Polder et coll., 2010; van Leeuwen et Farooqui, 2008; Hall et coll., 2011). C'est une démarche logique puisque les TIC sont souvent citées comme une technologie polyvalente et ayant de ce fait un grand rôle potentiel en innovation (Bresnahan et coll., 2002; Crespi et coll., 2007; Zandt et coll., 2011). Il est possible de construire un indice TIC au moyen des données de l'Enquête sur le commerce électronique et la technologie (ECET). Nous ne l'avons pas inclus dans les régressions en raison de la trop petite taille des échantillons.

#### **Variables de l'équation de productivité**

Les ventes et le capital (somme des actifs tangibles et intangibles) proviennent de la base de données Index général des renseignements financiers (IGRF). La variable emploi, qui correspond à l'unité de travail individuelle (UTI), est tirée du Programme d'analyse longitudinale de l'emploi (PALE). La distinction entre les exportations vers les É.-U. et les exportations dans le reste du monde (Registre des exportateurs) est établie pour préciser la complexité de la stratégie d'exportation de l'entreprise, car on prend pour hypothèse qu'il est plus facile d'exporter aux États-Unis qu'ailleurs dans le monde.

L'EISE répertorie de nombreux indicateurs de l'intensité de la concurrence, et un indice a été construit à partir de quatre d'entre eux. On trouvera des détails sur cet indice à l'[annexe A](#). L'indicateur en chaîne de la valeur globale est une variable binaire provenant de l'EISE et stipulant que l'entreprise a effectué ou non des activités commerciales en dehors du Canada entre 2007 et 2009. La variable âge est calculée en se servant de la date à laquelle l'entreprise a été consignée dans le Registre des entreprises. Cette date n'est peut-être pas la véritable date de constitution de l'entreprise, mais elle peut quand même être considérée comme une bonne approximation de l'âge réel de l'entreprise.

#### **Variables de contrôle**

La taille de l'entreprise a été définie au moyen de l'ITU comme suit : petite (20 à 49 employés), moyenne (50 à 99), grande (100 à 249), très grande (250 et plus). Le pays de contrôle, la situation multi-établissement et les variables binaires des provinces sont tirées du Registre des entreprises. Trois indicateurs de secteur industriel ont été élaborés en se basant sur les dépenses de R-D moyennes des industries à trois chiffres du SCIAN de 2004 : industrie à R-D faible (moins de 250 000 \$), à R-D moyenne (entre 250 000 \$ et 1 million de dollars) et à R-D élevée (plus de 1 million de dollars).

#### **Taille des échantillons**

Le principal défi lors de la combinaison de données provenant d'enquêtes qui suivent des plans d'échantillonnage différents est la réduction de la taille des échantillons. Pour le projet actuel, la combinaison des enquêtes EISE et ETP est essentielle, puisque toutes les variables d'innovation proviennent de ces ensembles de données. Comme l'ETP couvre exclusivement le secteur manufacturier et que la couverture de l'EISE le favorise grandement, on trouve un nombre raisonnable d'enregistrements communs entre ces deux échantillons. Toutefois, l'inclusion d'un indice TIC construit d'après l'ECET, dont l'échantillon est vaste et englobe l'ensemble de l'économie, s'avère difficile en raison du peu d'enregistrements communs avec les enquêtes EISE et ETP (voir le tableau 1). Compte tenu du grand nombre de paramètres à estimer, il a été décidé de ne pas poursuivre la recherche avec la variable TIC bien qu'on ait obtenu une convergence numérique pour ces spécifications.

**Tableau 1 : Taille échantillonnale**

	Modèle 1	Modèle 2
Intrants : seulement l'innovation passée	1 373 (Spécification I)	1 370 (Spécification II)
Intrants : tous sauf l'indice TIC	1 296 (Spécification III)	1 293 (Spécification IV)
Intrants : tous	610 (Non montré)	607 (Non montré)

La perte d'observations imputable à l'emploi de variables en provenance de sources administratives est négligeable. La dernière contrainte imposée à l'échantillon est l'élimination des valeurs extrêmes des dépenses en R-D et des dépenses pour l'innovation PRDT<sup>3</sup>. Pour chacun des modèles exposés à la [section 3](#), on fait l'estimation de deux spécifications. Dans la première, le seul intrant pour l'innovation est l'innovation antérieure, et dans la seconde tous les intrants sont utilisés, sauf TIC. Le tableau 1 montre la taille définitive de l'échantillon pour chacune des spécifications. À des fins comparatives, on mentionne également l'échantillon comme si on avait inclus la variable d'indice TIC. Certaines des statistiques descriptives des variables principales sont présentées à l'[annexe B](#).

<sup>3</sup> Pour le modèle 1 :  $\log RD < 10$ , la R-D étant exprimé en milliers de dollars; pour le modèle 2 :  $\log RD < 10$  et  $INT^{PRDT} < 100$ , les dépenses en innovation étant exprimées en millions de dollars.

## 5. Resultats

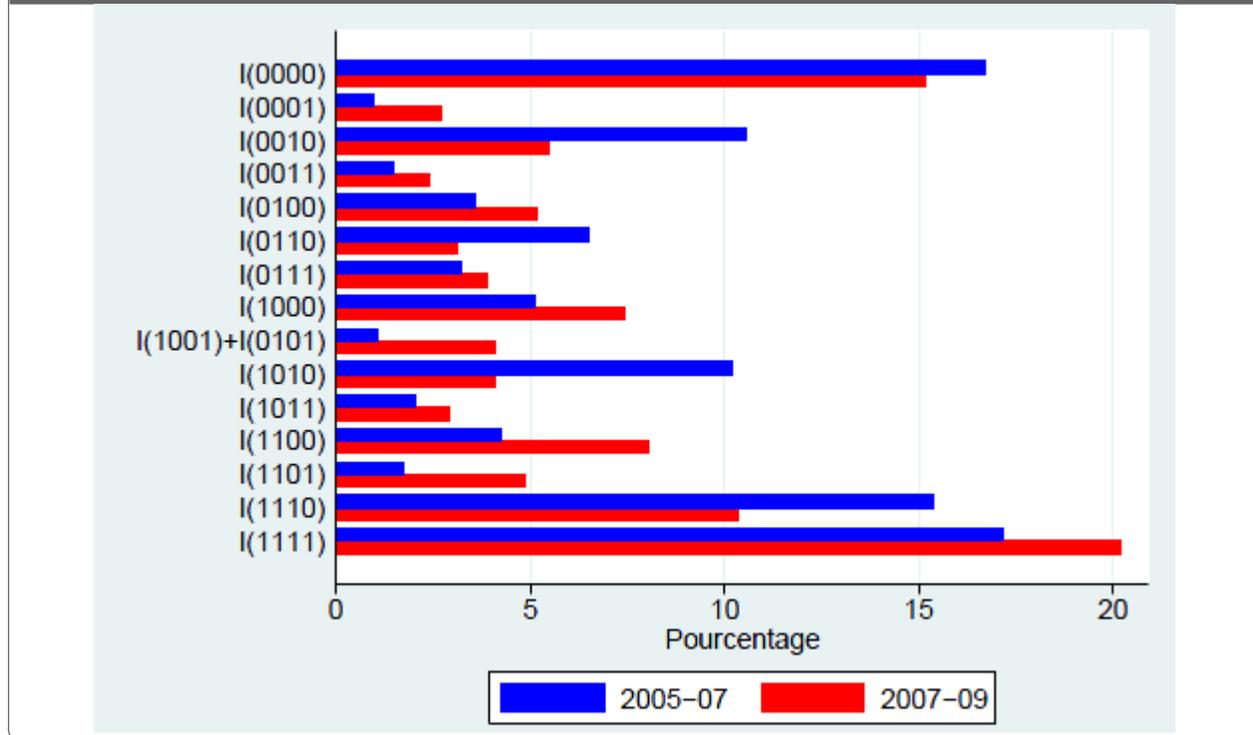
### 5.1 La complexité de l'innovation

Avant de passer à l'analyse des résultats, on présente certaines statistiques descriptives dans le but d'illustrer la complexité des stratégies d'innovation au Canada. La [figure 1](#) illustre l'incidence (non pondérée) des 16 profils d'innovateur mutuellement exclusifs définis à la [section 3.3](#) pour l'échantillon utilisé dans la présente étude.

La complexité des stratégies d'innovation reste inchangée entre les deux périodes. Les deux profils d'innovateur les plus fréquents pour les deux périodes sont celui d'innovateur complet effectuant les quatre types d'innovation (I(1111)) et celui de non-innovateur (I(0000)). Près de 20 % des entreprises adoptent une stratégie d'innovation à un volet (un seul type d'innovation), environ la même proportion adopte une stratégie à deux volets, alors que plus de 40 % poursuivent une stratégie complexe (englobant au moins trois types d'innovation). Ce résultat donne à penser qu'une majorité d'entreprises au Canada combinent divers types d'innovation depuis au moins 2005.

Un examen plus attentif des chiffres semble indiquer que la prévalence de PRDT a quelque peu diminué dans cet échantillon. De 2005-2007 à 2007-2009, le pourcentage des entreprises ayant introduit l'innovation PRDT (somme de toutes les stratégies contenant PRDT) a baissé de 14 points de pourcentage, passant de 67 % à 53 %. En revanche, le pourcentage d'innovateurs MRKT a augmenté de 13 points de pourcentage pendant la même période (de 28 % à 41 %). En outre, les pourcentages d'innovateurs PRCS et ORGZ ont progressé légèrement, respectivement de 3 et de 5 points de pourcentage. Ces chiffres doivent toutefois être interprétés avec prudence puisque l'échantillon n'a pas été pondéré.

**Figure 1: Incidence des profils d'innovateur par année**  
 – Pourcentages non-pondérés (N = 1370) –



\* I(processus; organisationnel; produit; marketing)

Sources : EISE 2009 et ETP 2007

En examinant les intrants de l'innovation, on remarque que le tableau 2 montre clairement que l'exécution de R-D n'est pas une condition nécessaire à l'innovation. La dernière rangée nous apprend que 52 % de tous les innovateurs en 2007-2009, quel que soit le type d'innovation introduit, n'ont pas réalisé d'activités de R-D en 2005-2007. Même en prenant en considération l'échantillon final de cette étude, plus centrée sur la technologie, une proportion significative des entreprises (35 %) n'a pas effectué de R-D. On pourrait toutefois émettre des réserves sur ce résultat, puisqu'il est possible que les activités de R-D réalisées en 2005-2007 soient à l'origine d'innovations survenues après 2009. De plus, ces statistiques ne sont pas pondérées et ne sont donc pas représentatives de la population des entreprises innovatrices au Canada.

Tableau 2 : Pourcentages des entreprises par statut de R-D et d'innovateur  
– Pourcentages non-pondérés –

		Échantillon total EISE <sup>3</sup>		Échantillon de l'étude <sup>4</sup>	
		Exécute de la R-D en 2005-2007		Exécute de la R-D en 2005-2007	
		Non	Oui	Non	Oui
Innovateur en 2007-2009	Non	79,1 %	20,9 %	63,5 %	36,5 %
	Oui	52,1 %	47,9 %	35,4 %	64,6 %

<sup>3</sup> N = 4227.

<sup>4</sup> N = 1370.

Sources : EISE, 2009; RDIC 2005-2007.

La dernière preuve de cette complexité est fournie par les corrélations entre les intrants et les extrants de l'innovation. Le volet A du tableau 3 montre que les dépenses en R-D sont corrélées positivement avec les indicateurs binaires de l'innovation (en rouge), mais que ce n'est pas le seul intrant. Par exemple, de nombreux indicateurs de l'innovation antérieure ont une corrélation aussi grande avec leurs contreparties actuelles que la R-D (en bleu). Le volet B fait voir des relations similaires pour les dépenses en innovation (en rouge et en orange). Le [tableau 9](#) de l'annexe B montre aussi que la plupart des intrants de l'innovation sont corrélés les uns aux autres, particulièrement l'innovation antérieure.

Tableau 3 : Corrélations entre les intrants et extrants de l'innovation  
– Non-pondéré (N = 1370) –

	A – Incidence de l'innovation				B – Niveau de l'innovation			
	$I^{PRCS}$	$I^{ORGZ}$	$I^{PRDT}$	$I^{MRKT}$	$INT^{PRCS}$	$INT^{ORGZ}$	$INT^{PRDT}$	$INT^{MRKT}$
$J^{PRCS}$	0,25	0,18	0,15	0,08	0,10	0,10	0,10	0,07
$J^{ORGZ}$	0,16	0,20	0,17	0,11	0,12	0,14	0,09	0,07
$J^{PRDT}$	0,16	0,14	0,25	0,14	0,05	0,10	0,09	0,06
$J^{MRKT}$	0,11	0,12	0,18	0,17	0,09	0,10	0,08	0,10
$\ln \widehat{RD}$	0,22	0,15	0,23	0,08	0,15	0,05	0,23	0,12
ADVTECH	0,19	0,17	0,10	0,07	0,20	0,08	0,15	0,12
TRAINING	0,11	0,12	0,07	0,09	0,08	0,09	0,09	0,06
PATENTS	0,03	0,03	-0,03	0,03	0,00	-0,01	0,00	0,00

Note :  $I^X$  et  $J^X$  sont des variables binaires indiquant si une entreprise a innové entre 2007-2009 et entre 2005 et 2007 respectivement.  $INT^X$  représente les dépenses en innovation. Voir l'[annexe A](#) pour les détails.  
Sources : EISE, 2009; RDIC, 2005-2007; ETP, 2007; OPIC, 2000-2006

En résumé, il semble que l'innovation commerciale au Canada soit un processus complexe, qui dépend de la combinaison de nombreuses activités. Les résultats du modèle CDM présentés ci-dessous cherchent à démêler les effets de ces divers intrants et à dégager leurs relations avec la productivité.

## 5.2 Résultats de l'équation R-D

Le [tableau 11](#) de l'annexe C regroupe les résultats de l'équation de R-D. Pour des raisons de confidentialité, seuls les résultats du modèle 2 y figurent, étant donné que l'équation de R-D du modèle 1 est identique à celle du modèle 2, mais avec trois observations de moins. La moyenne des dépenses de R-D pour 2004 à 2007 est d'environ 308 000 \$, comme on peut le voir au [tableau 8](#) de l'annexe B. La densité non paramétrique des dépenses en R-D est présentée à la [figure 2](#).

Il s'agit de résultats assez standard. Le paramètre estimé des dépenses en R-D antérieures est significatif et positif, tout comme celui pour *ADVTECH*. Pour ce dernier, cela signifie qu'il y a une corrélation positive entre la sophistication technologique (nombre de technologies employées) et la R-D. Les entreprises plus grandes et celles œuvrant dans les industries où les dépenses en R-D ont une moyenne élevée sont plus susceptibles d'avoir des dépenses en R-D supérieures, un résultat cohérent avec d'autres études canadiennes (voir par exemple Baldwin et coll., 2000).

## 5.3 Résultats de l'équation des extrants de l'innovation

Le tableau 4 récapitule les résultats de l'équation des extrants de l'innovation obtenus au moyen des deux modèles empiriques exposés à la [section 3](#). Par ailleurs, on trouve dans les tableaux 12 et 13 de l'[annexe C](#) l'ensemble complet des paramètres estimés. La caractéristique la plus frappante est la forte relation entre l'innovation antérieure et l'innovation courante, quel que soit le modèle ou la spécification retenus. Généralement, le fait d'ajouter d'autres intrants (spécifications II et IV) ne modifie pas sensiblement les résultats, si ce n'est que certains paramètres deviennent statistiquement non significatifs.

À la lumière de ces résultats, deux grandes conclusions s'imposent. D'abord, il y a manifestement une dépendance du processus d'innovation à l'égard du cheminement, comme nous l'apprennent les éléments de la diagonale de la matrice d'innovation antérieure-courante du tableau 4 (en gras). Comme tous ces éléments sont positifs et significatifs, il faut en conclure que dès qu'une entreprise s'est impliquée dans un type d'innovation, il est fort probable que d'autres innovations de même nature verront le jour. La présence de coûts irrécupérables peut expliquer en partie ce schéma de dépendance à l'égard du cheminement. Cette conclusion est également robuste, puisque la relation est vérifiée pour toutes les spécifications estimées, autant pour l'incidence que pour le niveau d'innovation.

Ensuite, les innovations PRCS et ORGZ antérieures (de 2005 à 2007) sont liées aux innovations PRCS et ORGZ courantes, et les innovations PRDT et MRKT antérieures sont liées aux innovations PRDT et MRKT courantes. C'est ce qu'on déduit des zones ombrées du tableau 4. En outre, on découvre un lien dynamique plus faible entre ORGZ et PRDT. Conformément à Martinez-Ros (1999), ces résultats appuient la présence d'une complémentarité entre types d'innovation, puisque les paramètres estimés significatifs sont tous positifs. Ce résultat est corroboré par le fait que la plupart des relations sont réciproques (les éléments en dehors de la diagonale de chaque zone ombrée). Ainsi, dans les quatre spécifications, le PRDT antérieur est corrélé positivement avec le MRKT courant et le MRKT antérieur est associé positivement au PRDT courant. Ceci donne à penser que comparativement à la dichotomie traditionnelle entre innovation technologique (PRCS et PRDT) et innovation non technologique (ORGZ et MRKT), la classification PRCS-ORGZ et PRDT-MRKT semble mieux convenir, du moins pour décrire les relations dynamiques existant entre les types d'innovation.

**Tableau 4 : Sommaire des résultats de l'équation des extrants de l'innovation**

<b>Incidence de l'innovation – Modèle 1, équation (2)</b>									
Spécification I					Spécification II				
Variable	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	
$j$ PRCS	+	+			+	+			
$j$ ORGZ	+	+	+			+	+		
$j$ PRDT	+	+	+	+			+	+	
$j$ MRKT			+	+			+	+	
$\ln \widehat{RD}$	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					
ADVTECH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	+				
TRAINING	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					+
PATENTS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					
Size	Moyenne								
	Grande	+							
	Très grande	+							

+ indique que le paramètre estimé est positif et significatif au seuil de 0,10 ou moins.  
n.d. signifie que la variable n'est pas incluse dans la régression.

<b>Niveau d'innovation – Modèle 2, équation (3)</b>									
Spécification III					Spécification IV				
Variable	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	
$j$ PRCS	+	+			+	+			
$j$ ORGZ	+	+			+	+			
$j$ PRDT		+	+	+		+	+	+	
$j$ MRKT			+	+			+	+	
$\ln \widehat{RD}$	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					
ADVTECH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	+				
TRAINING	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					
PATENTS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.					
Size	Moyenne	+							
	Grande	+		+	+				
	Très grande	+		+	+	+			

+ indique que le paramètre estimé est positif et significatif au seuil de 0,10 ou moins.  
n.d. signifie que la variable n'est pas incluse dans la régression.

Une autre confirmation de la complémentarité découle des corrélations estimées du Probit multivarié pour le modèle 1. Elles sont toutes positives et statistiquement significatives, comme on peut le voir au bas du [tableau 12](#). On peut donc en déduire que l'introduction de tout type d'innovation augmente la probabilité de l'introduction d'un autre type d'innovation pendant la même période. Il faut toutefois noter la différence avec les résultats communiqués dans le paragraphe précédent, puisque les corrélations du Probit indiquent une complémentarité entre les types d'innovation de 2007 à 2009, et non entre 2005-2007 et 2007-2009. Toutes ces constatations sont conformes avec ce qui a été relevé dans la littérature empirique (voir par exemple Rouvinen, 2002; Schmidt et Rammer, 2007). Elles sont aussi conformes, dans une moindre mesure, avec les corrélations

simples entre les types d'innovation indiqués dans le [tableau 3](#) et le [volet A du tableau 10](#) de l'annexe B.

Contrairement aux constatations de Polder et coll. (2010) et de Hall et coll. (2011), la R-D n'est pas un intrant significatif pour l'innovation. La présence d'innovation antérieure semble expliquer les résultats non significatifs des dépenses en R-D, puisque ces dernières seraient déjà intégrées dans cette innovation. En effet, l'addition de l'innovation antérieure, sans aucune autre variable de contrôle, rend non significatives les estimations de R-D. Toutefois, l'introduction d'autres variables de contrôle, particulièrement la taille de l'entreprise, rend également non significatif le coefficient estimé de R-D. Cela n'est pas surprenant, compte tenu de la forte relation entre la taille de l'entreprise et les dépenses en R-D ([tableau 11](#)). Par conséquent, l'inclusion des variables innovation antérieure et taille de l'entreprise explique probablement les résultats non significatifs pour la R-D.

Peu d'autres intrants de l'innovation sont significatifs dans la spécification II. Seul le nombre de technologies de pointe semble associé à PRCS, et la formation en technologie de pointe semble expliquer MRKT, bien que le sens de cette dernière association soit peu clair et que celle-ci ne soit pas significative dans la spécification IV. La taille de l'entreprise est liée positivement à PRCS ainsi que, dans une moindre mesure, à PRDT. Cependant, cette relation s'affaiblit quand on introduit des intrants additionnels (spécifications II et IV), et ne se maintient que pour PRCS.

#### 5.4 Résultats de l'équation de productivité

Le tableau 5 récapitule les résultats de l'équation de productivité (voir également le [tableau 14](#) de l'annexe C). À l'opposé des résultats de la deuxième étape, on constate ici une différence marquante dans le nombre de paramètres estimés significatifs pour les spécifications I et II, sans toutefois qu'apparaisse un schéma clair dans ces résultats, car la moitié de ceux-ci sont positifs (spécification I). En effet, le tableau 14 met en lumière que les combinaisons PRCS-PRDT-MRKT, MRKT et ORGZ-PRDT-MRKT sont celles qui induisent la croissance maximale de la productivité du travail. À l'opposé, les combinaisons PRCS-MRKT, PRDT-MRKT et PRDT-PRCS sont celles pour lesquelles on observe le plus grand signe négatif. Ces estimations ne sont toutefois pas robustes face à l'inclusion d'autres intrants de l'innovation (spécification II) et doivent donc être interprétées avec prudence.

**Tableau 5 : Sommaire des résultats de l'équation de productivité**

Incidence – Modèle 1, équation (4)			Niveau – Modèle 2, équation (5)		
Variables	Spécification I	Spécification II	Variables	Spécification III	Spécification IV
I(0000)					
I(0001)	+		INT(0001)		
I(0010)			INT(0010)		–
I(0011)	–		INT(0011)		
I(0100)			INT(0100)		
I(0101)			INT(0101)		
I(0110)			INT(0110)	+	
I(0111)	+		INT(0111)		
I(1000)	+		INT(1000)	+	+
I(1001)	–		INT(1001)		
I(1010)	–		INT(1010)		
I(1011)	+	+	INT(1011)		
I(1100)	–		INT(1100)	–	–
I(1101)			INT(1101)		
I(1110)	+		INT(1110)		
I(1111)	–		INT(1111)		

\* I(procédé; organisationnel; produit; marketing)

+ indique que le paramètre estimé est positif et significatif au seuil de 0,10 ou moins.  
– indique que le paramètre estimé est négatif et significatif au seuil de 0,10 ou moins.

Peu de paramètres sont significatifs dans la spécification II. Néanmoins, les résultats pour cette spécification sont cohérents avec ceux de Hall et coll. (2011), car ils ne mettent en évidence que peu de relations significatives entre innovation et productivité. Les résultats de la présente étude sont différents de ceux de Polder et coll. (2010), puisqu'ils établissent que toutes les combinaisons ayant un signe positif et significatif contiennent ORGZ.

Pour ce qui est du modèle 2, les résultats semblent plus robustes à l'inclusion d'autres intrants à l'innovation, même si peu de paramètres estimés sont statistiquement différents de zéro. Les effets marginaux pour les quatre types d'innovation sont répertoriés dans le tableau 6. Aucun effet marginal n'est significativement différent de zéro, bien que ceux liés à l'innovation PRCS le soient presque au seuil de 0,10. C'est là un résultat qui contraste avec ce qu'on trouve généralement dans la littérature, où le paramètre estimatif pour PRCS est négatif ou non significatif (voir particulièrement OCDE, 2009). Un résultat inusité a été dégagé pour PRDT, celui-ci n'étant pas significatif et n'affichant pas le signe positif habituel.

**Tableau 6 : Modèle 2 – Effets marginaux de l'innovation sur la productivité**

Variable	Spécification III		Spécification IV	
	Moyenne <sup>5</sup>	Statistique T	Moyenne <sup>5</sup>	Statistique T
INT <sup>PRCS</sup>	0,2487	1,61	0,2123	1,6
INT <sup>ORGZ</sup>	-0,0076	-0,53	-0,0008	-0,06
INT <sup>PRDT</sup>	-0,0551	-0,79	-0,0125	-0,21
INT <sup>MRKT</sup>	0,2405	0,34	-0,0581	-0,12

<sup>5</sup> Moyenne des effets marginaux des entreprises.

L'élasticité estimée de la hausse du ratio capital-travail par rapport à la croissance de la productivité du travail est d'environ 0,07 pour toutes les spécifications (voir le [tableau 14](#)). Outre les indicateurs d'innovation, peu d'autres variables sont significativement différentes de zéro. Une exception remarquable est l'âge, qui affiche une relation inverse avec la croissance de la productivité du travail. Les paramètres des exportations en dehors des É.-U. sont également significatifs pour le modèle 2 et affichent une relation positive avec la productivité, même s'ils sont près de zéro. Ceci donne à penser que l'exportation sur les marchés en dehors des É.-U. est une activité plus exigeante que l'exportation vers les É.-U., et que seules les entreprises les plus performantes parviennent à être concurrentielles sur les marchés mondiaux.

## 5.5 Complémentarité entre innovation et productivité

Ainsi que nous l'avons évoqué à la [section 5.3](#), les résultats sur la complémentarité entre types d'innovation viennent corroborer ceux obtenus par d'autres études de la littérature. Ce concept n'est toutefois pas équivalent à celui testé de façon systématique par, entre autres, Polder et coll. (2010) et Hall et coll. (2011). La première étude mesure la corrélation entre l'incidence de l'innovation, la seconde mesure l'impact de la combinaison de divers type d'innovation sur la croissance de la productivité du travail.

La mise à l'épreuve de la complémentarité de l'innovation et de la productivité dans le cadre du CDM peut être réalisée au moyen du test décrit par Mohnen et Röller (2005) (voir par exemple Hall et coll., 2011; Polder et coll., 2010). Malheureusement, il n'est pas possible d'appliquer cette méthode dans la présente étude à cause des statistiques de Wald (Kodde et Palm, 1986), étant donné que ce test exige une optimisation sous des contraintes d'inégalité qui aboutissent à des solutions multiples. Nous avons plutôt utilisé la méthode proposée par Carree et coll. (2010) pour les deux modèles (modèles 1 et 2).

Cette technique est plus simple, car elle impose directement les conditions de complémentarité ou de substitution dans les équations (4) ou (5) grâce à l'addition et la soustraction des variables pertinentes **I (INT)**. On peut ensuite appliquer les tests de la complémentarité ou substitution sur les paramètres estimés du modèle transformé. Ce test demeure un test de comparaison deux à deux; la complémentarité et la substitution doivent toutes deux être testées car le rejet de l'une n'implique pas l'autre. On trouvera des détails sur les tests à [l'annexe D](#).

Le tableau 7 affiche les résultats des tests. Peu de relations de complémentarité ou substitution ont été observées, et on en a trouvé plus avec le modèle 2 qu'avec le modèle 1. Ces résultats laissent sous-entendre que « l'effort » ou « l'intensité » de l'innovation mesurée par les sommes consenties pour l'innovation est mieux pris en compte par le modèle 2. La substitution entre PRCS et ORGZ n'est rejetée pour aucune des deux spécifications (III et IV). Le fait d'introduire les deux types d'innovation simultanément réduit la croissance de la productivité du travail comparativement à l'introduction d'un type d'innovation à la fois. Cette conclusion est cohérente avec la présence d'un effet perturbateur déjà mentionné à la [section 2](#) : à court terme, les entreprises ne disposent que de ressources limitées, et l'introduction des deux types d'innovation en même temps a pour effet réel de baisser l'efficacité du processus de production.

**Tableau 7 : Résultats des tests de complémentarité et de substitution**

Combinaison testée	Incidence – Modèle 1		Niveau – Modèle 2	
	Spéc. I	Spéc. II	Spéc. III	Spéc. IV
PRCS-ORGZ			SUBS	SUBS
PRCS-PRDT				
<b>PRCS-MRKT</b>	SUBS			
ORGZ-PRDT			COMP	
ORGZ-MRKT				
PRDT-MRKT				

SUBS: la substitution n'est pas rejetée.

COMP: la complémentarité n'est pas rejetée.

On constate qu'il y a complémentarité entre ORGZ et PRDT pour la spécification III. Il serait intéressant d'évaluer la causalité de cette relation, mais une piste possible est que PRDT a besoin d'ORGZ pour avoir un impact positif sur la croissance de la productivité du travail. On peut donc présumer qu'à court terme, les entreprises mieux s'en tireraient mieux si elles intervenaient à la fois sur leurs paramètres de coût et de recettes, plutôt que sur le coût seulement.

Cette explication n'est toutefois pas corroborée par les relations de substitution PRCS-MRKT (modèle 1) ou PRCS-ORGZ (modèle 2). Dans ces situations, tenter d'augmenter les recettes tout en réduisant les coûts entraîne un ralentissement de la croissance de la productivité du travail. La complémentarité entre ORGZ et PRDT et la relation de substitution entre PRCS et MRKT devraient être considérées comme moins robustes que la substitution PRCS-ORGZ, car plus sensibles au choix de la spécification empirique.

Les résultats figurant dans le tableau 7 sont en accord avec ceux de Hall et coll. (2011), car ils ne révèlent aucune relation de complémentarité significative entre innovation et productivité. En revanche, Polder et coll. (2010) observent une complémentarité entre la productivité et i) PRDT-PRCS et ii) PRCS-ORGZ. Cet écart entre résultats pourrait s'expliquer par le problème de chronologie dans la mesure de la croissance de la productivité du travail et celle de l'innovation, problème évoqué dans la section suivante. Toutefois, on ne peut a priori exclure que la relation entre les innovations PRCS et ORGZ n'est pas la même au Canada et dans les Pays-Bas.

Bien que cette analyse ait donné peu de relations significatives, il est intéressant de constater qu'il n'existe pas de résultats robustes entre les analyses sur l'incidence (modèle 1) et sur le niveau (modèle 2). Ceci fait ressortir la différence entre ces deux types d'indicateurs et semble suggérer que les résultats peuvent dépendre de la façon dont on mesure l'innovation.

## 5.6 Mise en garde

La principale mise en garde de cette analyse est la chronologie de la mesure des différentes variables. Au moins deux exemples touchant cet enjeu méritent d'être présentés.

Premièrement, les variables des membres de droite et de gauche de l'équation de la productivité sont toutes les deux mesurées pour la même période : les indicateurs d'innovation couvrent 2007 à 2009 et la croissance de la

productivité du travail est mesurée de 2007 à 2008. Il aurait été plus logique de mesurer la productivité après 2009, mais les données n'étaient pas disponibles. Par conséquent, les relations estimées ne devraient pas être interprétées comme un lien de cause à effet, mais plutôt comme des corrélations.

Deuxièmement, les intrants et les extrants de l'innovation servant à l'estimation de l'équation génératrice de savoir (deuxième étape du modèle CDM) ont une année en commun. Les intrants sont mesurés durant la période 2005-2007 et les extrants, durant la période 2007-2009. Cette année commune peut introduire un biais dans les relations estimées entre l'innovation antérieure et l'innovation courante, si un nombre suffisant d'entreprises n'ont eu des activités d'innovation qu'en 2007. Une corrélation artificielle peut découler du fait qu'une innovation en 2007 sera comptée à la fois comme intrant et comme extrant. Malheureusement, étant donné que les données sont recueillies pour ces périodes et non annuellement, il est difficile d'évaluer l'impact potentiel de cet enjeu sur les conclusions.

Un autre problème découle du traitement différent des intrants à l'innovation. Seules les dépenses de R-D sont endogènes à la première étape. Le nombre de technologies de pointe employées et l'innovation antérieure, des déterminants de l'innovation qui se sont révélés significatifs, pourraient aussi être endogènes. Mais, comme nous l'avons mentionné à la section 3.2, il n'y a actuellement pas de données disponibles pour faire une régression de la première étape pour tous les intrants étudiés.

Nonobstant les contraintes précédentes, l'analyse actuelle donne des renseignements utiles pour mieux comprendre comment les entreprises mènent leurs activités liées à l'innovation au Canada. De plus, la méthodologie supporte bien la comparaison avec d'autres études publiées qui testent la complémentarité à l'aide du modèle CDM.

## 6. Conclusion

En exploitant un ensemble de micro-données de grande qualité à l'échelle des entreprises, nous avons pu mettre en lumière plusieurs aspects de la complexité de l'innovation au Canada. Les principaux résultats, qui découlent d'un modèle Crépon-Duguet-Mairesse (CDM), sont les suivants : i) l'innovation est un procédé complexe mettant en jeu plusieurs intrants; ii) l'innovation antérieure est l'intrant le plus déterminant pour l'innovation courante, entraînant la persistance des activités innovatrices; iii) une classification procédé-organisation et produit-marketing semble mieux décrire les relations dynamiques entre des types d'innovation que l'opposition traditionnelle innovation technologique et innovation non technologique; iv) les effets marginaux d'un procédé d'innovation sur la croissance de la productivité sont positifs; et v) les quelques exemples de complémentarité-substitution de l'innovation relativement à la productivité du travail font intervenir les innovations organisationnelle et de procédé.

Les résultats de cette analyse soulèvent quelques questions stratégiques intéressantes. Une interprétation littérale indiquerait que les investissements non liés à la R-D doivent être encouragés de la même manière que les activités de R-D, puisqu'ils se révèlent être eux aussi des intrants significatifs à l'innovation. Autrement dit, faudrait-il que des activités comme l'adoption de technologies de pointe, la mise en œuvre de meilleures pratiques de gestion ou la formation des employés et des gestionnaires obtiennent un soutien équivalent à celui des activités de R-D?

Cependant, il est nécessaire de présenter clairement une justification de l'intervention gouvernementale avant de soutenir des activités non liées à la R-D ou non technologiques. Le principal argument en faveur du soutien de la R-D est la présence de retombées pouvant bénéficier à d'autres entreprises et empêchant l'innovateur ou l'exécutant de la R-D de tirer tous les profits de son investissement initial. En revanche, si ce traitement inéquitable des activités non liées à la R-D devient un obstacle à l'innovation, et que le rehaussement de l'innovation est l'un des objectifs du gouvernement, il peut être judicieux d'élargir la politique actuelle. Mais si les avantages des activités non liées à la R-D sont essentiellement privés, il pourrait être difficile de monter un dossier proposant d'accroître leur financement. Trouver le juste équilibre est un défi auquel une recherche économique empirique pourrait apporter un éclairage utile.

Un autre point intéressant pouvant faire l'objet d'une étude de suivi est l'examen plus poussé du lien entre l'innovation et les investissements en R-D. La recherche-développement est considérée comme un intrant important à l'innovation, mais la présente analyse n'arrive pas à établir une telle relation. Ce résultat s'oppose à celui de Polder et coll. (2010) et de Hall et coll. (2011), qui ont montré que la R-D jouait un rôle important dans le processus d'innovation. Une explication serait le fait que le coefficient non significatif de la R-D proviendrait de l'inclusion de l'innovation antérieure dans le modèle. Une autre explication de cette divergence pourrait avoir sa

source dans la chronologie des investissements. Il peut s'écouler plusieurs années avant qu'on tire des bénéfices des dépenses en R-D, surtout dans le cas d'une innovation de produit, en raison des longues périodes de mise au point et de commercialisation. Il semble donc que la période visée par la présente étude soit trop courte, et que la R-D réalisée en 2000 conviendrait mieux à l'appréciation des innovations en 2007-2009 que celle réalisée en 2005-2007. Une dernière explication pourrait découler du cheminement emprunté par la R-D au Canada. Ainsi, il y aurait lieu d'enquêter plus en profondeur sur le rôle des entreprises multinationales. Enfin, d'autres projets de ce type, exploitant des initiatives permanentes de développement de micro-données, pourraient favoriser l'adoption au Canada de meilleures politiques sur l'innovation fondées sur des faits.

## Bibliographie

- ARORA, Ashish, et Alfonso GAMBARDELLA (1990). « Complementarity and External Linkages : The Strategies of the Large Firms in Biotechnology », *The Journal of Industrial Economics*, vol. 38, p. 361-379.
- BALDWIN, John, Petr HANEL, et David SABOURIN (2000). *Determinants of Innovative Activity in Canadian Manufacturing Firms : The Role of Intellectual Property Rights*. Statistics Canada N° 11F0019MPE N° 122.
- BRESNAHAN, Timothy F., et Peter C. REISS (1991). « Entry and Competition in Concentrated Markets. » *The Journal of Political Economy*, vol. 99, n° 5, p. 977-1009.
- BRESNAHAN, Timothy F., Erik BRYNJOLFSSON, et Lorin M. HITT (2002). « Information Technology, Workplace Organization, and the Demand for Skilled Labor : Firm-Level Evidence », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, n° 1, p. 339-376.
- CAMERON, A. Colin, et PRAVIN K. Trivedi (2009). *Microeconomics Using Stata* (Stata Press).
- CAPPELLARI, Lorenzo, et Stephen P. JENKINS (2003). « Multivariate Probit Regression Using Simulated Maximum Likelihood. », *The Stata Journal*, vol. 3, n° 3, p. 278-294.
- (2006). « Calculation of Multivariate Normal Probabilities by Simulation, with Applications to Maximum Simulated Likelihood Estimation. » *The Stata Journal*, vol. 6, n° 2, p. 156-189.
- CARREE, Martin, Boris LOKSHIN, et René BELDERBOS (2010). *A Note on Testing for Complementarity and Substitutability in the Case of Multiple Practices*, UNU-Merit Working Paper N° 2010-056.
- CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES (2009). Innovation et stratégies d'entreprise : pourquoi le Canada n'est pas à la hauteur. Rapport du comité d'experts sur l'innovation dans les entreprises.
- COZZARIN, Brian P., et Jennifer C. PERCIVAL (2006). « Complementarities Between Organizational Strategies and Innovation. », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 15, n° 3, p. 195-217.
- CRÉPON, Benoît, Emmanuel DUGUET, et Jacques MAIRESSE (1998). « Research and Development, Innovation and Productivity : An Econometric Analysis at the Firm Level », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 7, n° 2, p. 115-158.
- CRESPI, Gustavo, Chiara CRISCUOLO, et Jonathan HASKEL (2007). *Information Technology, Organisational Changes and Productivity Growth : Evidence from UK Firms*, Center for Economic Performance Discussion Paper N° 783.
- FARIA, Pedro, et Francisco LIMA (2009). Firm Decision on Innovation Types : Evidence on Product, Process and Organizational Innovation, Paper presented at the DRUID Summer Conference 2009.
- GRIFFITH, Rachel, Elena HUERGO, Jacques MAIRESSE, et Bettina PETERS (2006). « Innovation and Productivity Across Four European Countries », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 22, n° 4, p. 483-498.
- GRILICHES, Zvi (1979). « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth », *Bell Journal of Economics*, vol. 10, n° 1, p. 92-116.
- HALL, Brownwyn (2011). *Innovation and Productivity*, NBER Working Paper N° 17178.

- HALL, Brownwyn, Francesca LOTTI, et Jacques MAIRESSE (2011). *Evidence on the Impact of R&D and ICT Investments on Innovation and Productivity in Italian Firms*, Temi di Discussione Working Papers N° 874.
- INSTITUTE FOR COMPETITIVENESS AND PROSPERITY (2011). *Canada's Innovation Imperative*, ICAP.
- KODDE, David, et Franz PALM (1986). « Wald Criteria for Jointly Equality and Inequality Restrictions », *Econometrica*, vol. 54, n° 5, p. 1243-1248.
- LE BAS, Christian, et Nicolas POUSSING (2012). *Are Complex Innovators More Persistent Than Single Innovators? An Empirical Analysis of Innovation Persistence Drivers*, GATE Working Paper n° 1201.
- MAIRESSE, Jacques, et Pierre MOHNEN (2003). *R&D and Productivity : A Reexamination in Light of the Innovation Survey*, Paper presented at the DRUID Summer Conference 2003.
- (2010). *Using Innovation Surveys for Econometric Analysis*, NBER Working Paper N° 15857.
- MARTINEZ-ROS, Ester (1999). « Explaining the Decisions to Carry Out Product and Process Innovations : The Spanish Case » *Journal of High Technology Management Research*, vol. 10, n° 2, p. 223-242.
- MCFETRIDGE, Donald (2008). *Innovation and the Productivity Problem : Any Solution?*, Institute for Research on Public Policy (IRPP).
- MIRAVETE, Eugenio J., et Jose C. PERNIAS (2004). *Innovation Complementarity and Scale of Production*, Center for Economic Policy Research Discussion Paper n° 4483.
- MOHNEN, Pierre, et Lars-Hendrick RÖLLER (2005). « Complementarities in Innovation Policies », *European Economic Review*, vol. 49, n° 6, p. 1431-1450.
- OCDE (2005). *Oslo Manual – Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data* (Organization for Economic Cooperation and Development).
- (2009). *Innovation in Firms — A Microeconomic Perspective* (Organization for Economic Cooperation and Development).
- PETERS, Bettina (2008). *Product and Process Innovation Outcome and Firm Performance*, Mimeo
- (2009). « Persistence of Innovation : Stylised Facts and Panel Data Evidence », *Journal of Technology Transfer*, vol. 34 n° 2, p. 226-243.
- POLDER, Michael, George VAN LEEUWEN, Pierre MOHNEN, et Wladimir RAYMOND (2010). *Product, Process and Organizational Innovation : Drivers, Complementarity and Productivity Effects*, CIRANO Working Paper N° 2010s-28.
- REICHSTEIN, Toke, et Ammon SALTER (2006). « Investigating the Sources of Process Innovation Among UK Firms », *Industrial and Corporate Change*, vol. 15, n° 4, p. 653-682.
- ROBIN, Stéphane, et Jacques MAIRESSE (2008). *Entrepreneurship and Innovation – Organizations, Institutions, Systems and Regions*, DRUID Conference.
- ROUVINEN, Petri (2002). « Characteristics of Product and Process Innovators : Some Evidence From the Finnish Innovation Survey », *Applied Economics Letters*, vol. 9, n° 9, p. 575-580.
- SAPPRASERT, Koson (2008). *On Factors Explaining Organizational Innovation and its Effects*, TIK Working Paper

- SCHMIDT, Tobias, et Christian RAMMER (2007). *Non-Technological and Technological Innovation : Strange Bedfellows?*, Center for European Economic Research Discussion Paper N° 07-052.
- VAN LEEUWEN, George, et Shikeb FAROOQUI (2008). *ICT, Innovation and Productivity*, In Eurostat « Information Society : ICT Impact Assessment by Linking Data from Different Source », p. 222-240.
- VOLBERDA, Henk W., Nicolai J. FOSS, et Marjorie A. LYLES (2009). *Absorbing the Concept of Absorptive Capacity : How to Realize its Potential in the Organizational Field*, SMG Working Paper N° 10-2009.
- ZANDT, Timothy Van, Cees VAN BEERS, et George VAN LEEUWEN (2011). *Information Technology, Organizational Change and Firm Productivity : A Panel Study of Complementarity Effects and Clustering Patterns*, Statistics Netherlands Discussion Paper N° 201114.

## Annexe A – Variables utilisées et sources des données

### Sources des données

Base de données administratives de Statistique Canada	
Nom	Années
Registre des entreprises (RE)	2004-2009
Index général des renseignements financiers (IGRF)	2007-2008
Programme d'analyse longitudinal de l'emploi (PALE)	2004-2008
Registre des exportations (RX)	2007-2008
Recherche et développement dans l'industrie canadienne (RDIC)	2004-2007

Enquêtes de Statistique Canada	
Nom	Années
Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprises (EISE)	2009
Enquête des technologies de pointe (ETP)	2007
L'enquête sur le commerce électronique et la technologie (ECET)	2004-2007

Autres bases de données administratives	
Nom	Années
Office canadien de la propriété intellectuelle (OPIC)	2000-2006

### Variables utilisées et définitions

Toutes variables exprimées en dollars canadiens ont été ramenées à des dollars constants au moyen de l'indice des prix du compte de la productivité canadienne de Statistique Canada (KLEMS).

R-D – Équation (1)		
Variable	Description	Source
$\ln RD$	Dépenses moyennes en R-D en milliers de dollars (2005-2007) en log naturel	RDIC
$RD^{2004}$	Dépenses moyennes en R-D en milliers de dollars (2004)	RDIC
$ADVTECH$	Nombre de technologies de pointe utilisées en 2007	ETP

Intrants de l'innovation – Équations (2) et (3)		
Variable	Description	Source
$j^{PRCS}$	= 1 si introduit innovation de PRCS, 2005-2007	ETP
$j^{ORGZ}$	= 1 si introduit innovation ORGZ, 2005-2007	ETP
$j^{PRDT}$	= 1 si introduit innovation de PRDT, 2005-2007	ETP
$j^{MRKT}$	= 1 si introduit innovation en MRKT, 2005-2007	ETP
$\ln \widehat{RD}$	Valeur prédite de $\ln RD$	Éq. (1)
$ADVTECH$	Voir ci-dessus	ETP
$TRAINING$	= 1 si employés formés pour utiliser les technologies de pointe, 2007	ETP
$PATENTS$	Nombre de brevets de l'entreprise en 2006	OPIC

### Extrants de l'innovation – Équations (2) et (3)

Variable	Description	Source
$I^{PRCS}$	= 1 si introduit innovation de PRCS, 2007-2009	EISE
$I^{ORGZ}$	= 1 si introduit innovation ORGZ, 2007-2009	EISE
$I^{PRDT}$	= 1 si introduit innovation de PRDT, 2007-2009	EISE
$I^{MRKT}$	= 1 si introduit innovation en MRKT, 2007-2009	EISE
$INT^{PRCS}$	Dépenses en innovation de PRCS, 2007-2009	EISE
$INT^{ORGZ}$	% de travailleurs affectés par innovation ORGZ, 2007-2009	EISE
$INT^{PRDT}$	Dépenses en innovation de PRDT, 2007-2009	EISE
$INT^{MRKT}$	Dépenses en innovation en MRKT, 2007-2009	EISE

### Productivité – Équation (4)

Variable	Description	Source
$\Delta LP$	Croissance de la productivité du travail (ventes/emploi) (2007-2008)	IGRF, PALE
I (0000)	Probabilité d'être non-innovateur	Éq. (2)
I (0001)	Probabilité d'être innovateur en MRKT	Éq. (2)
I (0010)	Probabilité d'être innovateur de PRDT	Éq. (2)
I (0011)	Probabilité d'être innovateur de PRDT et MRKT	Éq. (2)
I (0100)	Probabilité d'être innovateur ORGZ	Éq. (2)
I (0101)	Probabilité d'être innovateur ORGZ et en MRKT	Éq. (2)
I (0110)	Probabilité d'être innovateur ORGZ et de PRDT	Éq. (2)
I (0111)	Probabilité d'être innovateur ORGZ, de PRDT et en MRKT	Éq. (2)
I (1000)	Probabilité d'être innovateur de PRCS	Éq. (2)
I (1001)	Probabilité d'être innovateur de PRCS et en MRKT	Éq. (2)
I (1001)	Probabilité d'être innovateur de PRCS et de PRDT	Éq. (2)
I (1010)	Probabilité d'être innovateur de PRCS, de PRDT et en MRKT	Éq. (2)
I (1011)	Probabilité d'être innovateur de PRCS et ORGZ	Éq. (2)
I (1100)	Probabilité d'être innovateur de PRCS, ORGZ et en MRKT	Éq. (2)
I (1110)	Probabilité d'être innovateur de PRCS, ORGZ et de PRDT	Éq. (2)
I (1111)	Probabilité d'être innovateur de PRCS, ORGZ, de PRDT et en MRKT	Éq. (2)

## Productivité – Équation (5)

Variable	Description	Source
$\Delta LP$	Croissance de la productivité du travail (ventes/emploi) (2007-2008)	IGRF, PALE
<b>INT</b> (0001)	Valeur prédite des dépenses en innovation en MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (0010)	Valeur prédite des dépenses en innovation de PRDT	Éq. (3)
<b>INT</b> (0011)	Interaction des montants prédits : PRDT et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (0100)	% prédit des travailleurs affectés par l'innovation	Éq. (3)
<b>INT</b> (0101)	Interaction des montants prédits : ORGZ et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (0110)	Interaction des montants prédits : ORGZ et PRDT	Éq. (3)
<b>INT</b> (0111)	Interaction des montants prédits : ORGZ, PRDT et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1000)	Valeur prédite des dépenses en innovation de PRCS	Éq. (3)
<b>INT</b> (1001)	Interaction des montants prédits : PRCS et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1010)	Interaction des montants prédits : PRCS et PRDT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1011)	Interaction des montants prédits : PRCS, PRDT et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1100)	Interaction des montants prédits : PRCS et ORGZ	Éq. (3)
<b>INT</b> (1101)	Interaction des montants prédits : PRCS, ORGZ et MRKT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1110)	Interaction des montants prédits : PRCS, ORGZ et PRDT	Éq. (3)
<b>INT</b> (1111)	Interaction des montants prédits : PRCS, ORGZ, PRDT et MRKT	Éq. (3)

## Variables de contrôle

Variable	Description	Source
$CAP$	Croissance du ratio capital/emploi (actifs tangibles+intangibles) (2007-2008)	IGRF, PALE
$AGE$	âge de l'entreprise en 2009 RE	RE
$XPWO$	Exportations moyennes, excluant les États-Unis (2007-2008)	RX
$XPUS$	Exportations moyennes aux États-Unis (2007-2008)	RX
$C\_INDEX$	Indice de concurrence en 2009	EISE
$GVC$	= 1 si activités hors du Canada en 2007-2009	EISE
Taille de l'entreprise	Petites : 20-49 employés; moyennes : 50-99; grande : 100-249; très grande : 250+. Catégorie de référence : petites.	PALE
Pays	= 1 si le pays de contrôle est le Canada	RE
Multiest	= 1 si l'entreprise compte plusieurs établissements	RE
Province	Quatre variables binaires pour le Québec, l'Ontario, la Colombie-Britannique et l'Alberta. Catégorie de référence : toutes les autres provinces	RE
Industrie	Industries à intensité de R-D élevé, moyenne et faible (basé sur la R-D moyenne par industrie). Catégorie de référence : faible.	RDIC

## Groupes industriels

Les trois groupements industriels sont basés sur les dépenses moyennes en R-D par industrie (SCIAN à trois chiffres). Ceci implique que cette classification est entièrement définie par les données. De plus, cette classification est similaire à une classification de type OCDE basée sur la technologie. Le tableau suivant liste les codes SCIAN appartenant à chaque catégorie.

### Faible R-D : moyenne de l'industrie : R-D inférieure à 250 000 \$

113	Foresterie et exploitation forestière
314	Usines de produits textiles
315	Fabrication de vêtements
316	Fabrication de produits en cuir et de produits analogues
332	Fabrication de produits métalliques
337	Fabrication de meubles et de produits connexes
444	Marchands de matériaux de construction et de matériel et fournitures de jardinage
445	Magasins d'alimentation
483	Transport par eau
523	Valeurs mobilières, contrats de marchandises et autres activités d'investissement financier connexes
812	Services personnels et services de blanchissage

### R-D moyenne : moyenne de l'industrie R-D entre 250 000 \$ et 1 million de dollars

311	Fabrication d'aliments
312	Fabrication de boissons et de produits du tabac
313	Usines de textiles
323	Impression et activités connexes de soutien
326	Fabrication de produits en plastique et en caoutchouc
327	Fabrication de produits minéraux non métalliques
335	Fabrication de matériel, d'appareils et de composants électriques
339	Activités diverses de fabrication

### R-D élevée : moyenne de l'industrie : R-D supérieure à 1 million de dollars

211	Extraction de pétrole et de gaz
212	Extraction minière et exploitation en carrière (sauf l'extraction de pétrole et de gaz)
213	Activités de soutien à l'extraction minière, pétrolière et gazière
321	Fabrication de produits en bois
322	Fabrication de produits en bois
324	Fabrication de produits du pétrole et du charbon
325	Fabrication de produits chimiques
331	Première transformation des métaux
333	Fabrication de machines
334	Fabrication de produits informatiques et électroniques
336	Fabrication de matériel de transport
511	Édition (sauf par Internet)
541	Services professionnels, scientifiques et techniques
551	Gestion de sociétés et d'entreprises

## Indice d'intensité de la concurrence

Le marché principal pour le produit le plus vendu d'une entreprise est la région géographique de laquelle la plus grande part de ventes associées à ce produit proviennent. Le marché principal peut être local, provincial, canadien américain (É.-U.), européen ou asiatique (Asie) Pacifique. Si par exemple 50 % des ventes du produit le plus vendu d'une entreprise proviennent du Canada, 25 % des États-Unis et 25 % du reste du monde, le marché principal de cette entreprise est le Canada.

L'indice d'intensité de la concurrence est construit à partir de quatre questions de l'EISE en lien avec le produit le plus vendu ou le marché principal de l'entreprise : A) le nombre de produits en concurrence directe avec le produit le plus vendu; B) le nombre de concurrents dans le marché principal; C) la présence d'une entreprise multinationale dans le marché principal; D) l'entrée de nouveaux concurrents dans le marché principal. Le tableau suivant montre la façon dont chaque composante est calculée. Chacun de ces composantes est normalisée (entre 0 et 1), ce qui signifie que leur poids dans l'indice global est identique.

Question	Cote
Nombre de produits en concurrence directe avec le produit le plus vendu dans le marché principal (#N) de l'entreprise	$A = \frac{\#N - \min \#N}{\max \#N - \min \#N}$
Nombre de concurrents dans le marché principal (#C) pour le produit le plus vendu de l'entreprise.	$B = \begin{cases} 0 & \text{si } \#C = 1 \\ 1/6 & \text{si } \#C = 2 \\ 2/6 & \text{si } \#C = 3 \\ 3/6 & \text{si } \#C \in [4 - 5] \\ 4/6 & \text{si } \#C \in [6 - 10] \\ 5/6 & \text{si } \#C \in [11 - 20] \\ 1 & \text{si } \#C > 20 \end{cases}$
Une entreprise multinationale (EMN) est présente dans le marché principal pour le produit le plus vendu de l'entreprise.	$C = \begin{cases} 1 & \text{si une EMN est présente} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$
Entrée de nouveaux concurrents dans le marché principal du produit le plus vendu de l'entreprise.	$D = \begin{cases} 1 & \text{si entrée de concurrents} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$

L'hypothèse implicite faite pour la composante B est que plus de concurrents augmente la concurrence. Cette hypothèse peut être contestée par l'argument qu'à partir d'un certain point, l'ajout de concurrents n'a plus d'impact sur la concurrence (voir par exemple Bresnahan et Reiss, 1991). Cependant, étant donné que les répondants considèrent que ces entreprises leur font concurrence sur leur marché principal, il est raisonnable de faire l'hypothèse que l'addition de ces concurrents augmente effectivement la concurrence.

L'indice global pour une entreprise est  $C\_INDEX = 1/4 (A + B + C + D)$ .

## Annexe B – Statistiques descriptives

**Tableau 8 : Statistiques descriptives**  
– Non-pondérées –

Variables dépendentes				
Variable	N	Moyenne	É.-t.	
<i>INT<sup>PRCS</sup></i> <sup>6</sup>	748	0,9545	2,8547	
<i>INT<sup>PRDT</sup></i> <sup>6</sup>	670	1,3896	4,0163	
<i>INT<sup>MRKT</sup></i> <sup>6</sup>	503	0,4084	2,0288	
<i>INT<sup>ORGZ</sup></i>	1370	27,3869	36,2974	
ln <i>RD</i> <sup>6</sup>	827	5,7311	1,5325	
Intrants				
Variable	N	Moyenne	É.-t.	
<i>ADV TEDH</i>	1293	3,7718	1,5459	
<i>TRAINING</i>	1293	0,2792	5,5505	
<i>PATENTS</i>	1293	0,7022	0,4574	
Variables de contrôle				
Variable	N	Moyenne	É.-t.	
<i>CAP</i>	1289	0,0567	0,3959	
<i>AGE</i>	1370	17,4416	7,2638	
<i>XPWO</i> <sup>6</sup>	824	15,6755	75,9952	
<i>XPUS</i> <sup>6</sup>	1074	40,1552	207,091	
<i>C_INDEX</i>	1370	0,533	0,2203	
<i>GVC</i>	1370	0,592	0,4916	
<i>Country</i> (2007)	1370	0,7956	0,4034	
<i>Multiest</i> (2007)	1370	0,3474	0,4763	
Taille	Moyenne (2007)	1370	0,2693	0,4438
	Grande (2007)	1370	0,1518	0,359
	Très grande (2007)	1370	0,1445	0,3518
Prov.	ON (2007)	1370	0,4314	0,4955
	QC (2007)	1370	0,2562	0,4367
	AB (2007)	1370	0,0876	0,2828
	BC (2007)	1370	0,0934	0,2911
Ind.	High_rd (2007)	1370	0,5073	0,5001
	Mid_rd (2007)	1370	0,319	0,4663

<sup>6</sup> Moyenne pour les valeurs positives.

Sources : EISE 2009, ETP 2007, RDIC 2004–2007, RE 2007–2009, PALE 2007–2008, EX 2007–2008 et OPIC 2000–2006.

**Tableau 9 : Corrélations entre les intrants de l'innovation (2005-2007)**  
 - Non-pondérées (N = 1370) -

<b>Innovation passée</b>				
	$j^{PRCS}$	$j^{ORGZ}$	$j^{PRDT}$	$j^{MRKT}$
$j^{PRCS}$	1,00			
$j^{ORGZ}$	0,36	1,00		
$j^{PRDT}$	0,32	0,30	1,00	
$j^{MRKT}$	0,25	0,38	0,26	1,00

<b>Autres intrants</b>				
	<i>ln RD</i>	ADVTECH	TRAINING	PATENTS
<i>ln RD</i>	1,00			
ADVTECH	0,32	1,00		
TRAINING	0,18	0,45	1,00	
PATENTS	0,07	0,03	0,02	1,00

Sources : ETP 2007, RDIC 2005-2007 et OPIC 2000-2006.

**Tableau 10 : Corrélations entre les types d'innovation types (2007-09)**  
 - Non-pondérées (N = 1370) -

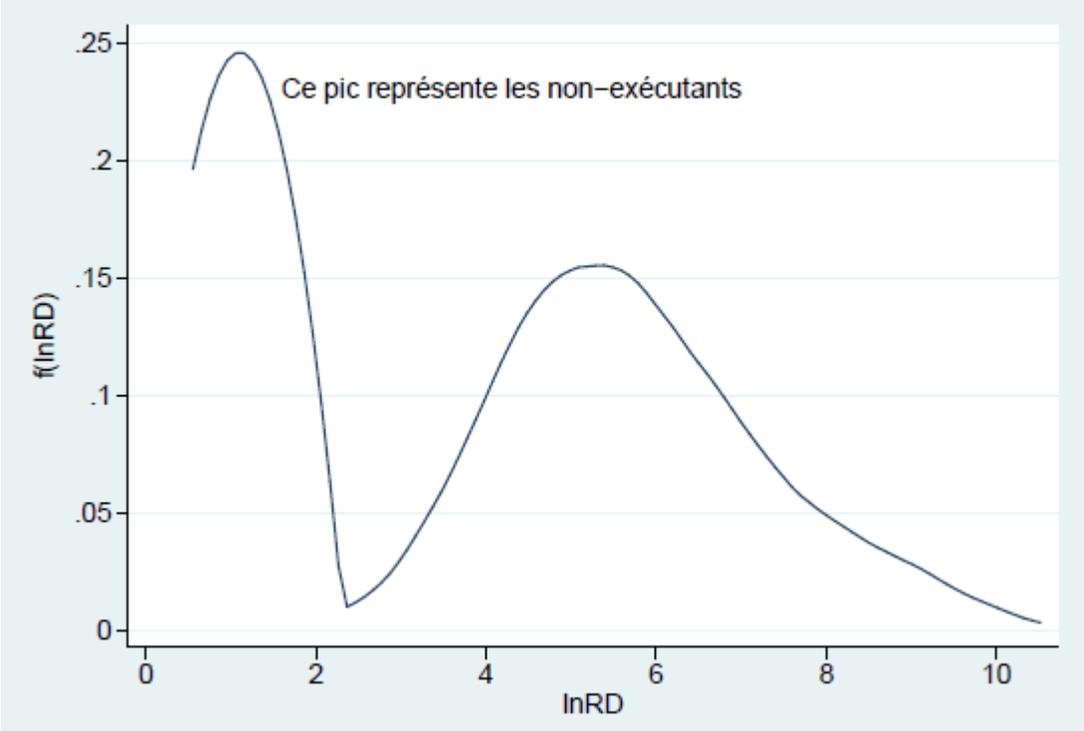
<b>A – Incidence de l'innovation</b>				
	$j^{PRCS}$	$j^{ORGZ}$	$j^{PRDT}$	$j^{MRKT}$
$j^{PRCS}$	1,00			
$j^{ORGZ}$	0,37	1,00		
$j^{PRDT}$	0,26	0,29	1,00	
$j^{MRKT}$	0,21	0,31	0,32	1,00

<b>B – Niveau d'innovation</b>				
	$INT^{PRCS}$	$INT^{ORGZ}$	$INT^{PRDT}$	$INT^{MRKT}$
$INT^{PRCS}$	1,00			
$INT^{ORGZ}$	0,08	1,00		
$INT^{PRDT}$	0,27	0,12	1,00	
$INT^{MRKT}$	0,03	0,05	0,19	1,00

Source : EISE 2009.

Figure 2 : Densité non-paramétrique des dépenses en R-D ( $\ln RD$ )  
- Non-pondérée (N = 827) -



Source : RDIC 2005-2007

## Annexe C – Résultats

**Tableau 11 : Résultats de l'équation de R-D pour le modèle 2 (Spécification IV)**  
 – Var. dép. :  $\ln(\text{RD})$ , 2005-2007 –

Variable	Paramètre	Stat. T
<i>RD</i> <sup>2004</sup>	0,0004	8,42
<i>ADVTECH</i>	0,4404	6,35
Taille	Moyenne	0,7625
	Grande	1,1771
	Très grande	2,5329

N = 1293. Les paramètres en gras sont statistiquement significatifs à un niveau de 0,10 ou moins.

**Tableau 12 : Modèle 1 – Incidence de l'innovation : paramètres estimés**  
 – Var. dép. : indicateurs binaires de l'innovation (2007-2009) –

Variable		Spécification I				Spécification II			
		PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT
$j^{PRCS}$		<b>0,4907</b> (6,46)	<b>0,2648</b> (3,56)	0,0757 (0,92)	0,0450 (0,61)	<b>0,4114</b> (5,02)	<b>0,1793</b> (2,11)	0,0654 (0,75)	0,0112 (0,14)
$j^{ORGZ}$		<b>0,1561</b> (1,88)	<b>0,2860</b> (3,6)	<b>0,1691</b> (2,09)	0,0696 (0,87)	0,0840 (0,97)	<b>0,2433</b> (2,75)	<b>0,1699</b> (1,89)	0,0237 (0,25)
$j^{PRDT}$		<b>0,1523</b> (1,95)	<b>0,1375</b> (1,74)	<b>0,5122</b> (6,51)	<b>0,2460</b> (3,29)	0,0822 (0,89)	0,1049 (1,16)	<b>0,5364</b> (6,35)	<b>0,2199</b> (2,54)
$j^{MRKT}$		0,0959 (1,09)	0,1089 (1,24)	<b>0,3092</b> (3,63)	<b>0,3988</b> (4,44)	0,1023 (1,12)	0,0836 (0,91)	<b>0,3011</b> (3,22)	<b>0,3857</b> (4,51)
$\ln \overline{RD}$		—	—	—	—	0,0129 (0,26)	0,0896 (1,53)	0,0165 (0,31)	0,0176 (0,4)
<i>ADVTECH</i>		—	—	—	—	<b>0,1113</b> (2,98)	0,0462 (1,29)	0,0070 (0,21)	0,0174 (0,56)
<i>TRAINING</i>		—	—	—	—	-0,0186 (-0,21)	0,0156 (0,16)	-0,1121 (-1,34)	<b>0,1465</b> (1,69)
<i>PATENTS</i>		—	—	—	—	0,0132 (0,17)	0,0062 (0,11)	-0,0129 (-0,21)	0,0110 (0,19)
Taille	Moyenne	0,1343 (1,47)	0,1051 (1,21)	0,0276 (0,3)	0,0675 (0,75)	0,0322 (0,33)	-0,0287 (-0,31)	-0,0023 (-0,02)	0,0032 (0,04)
	Grande	<b>0,3336</b> (2,6)	0,0604 (0,49)	-0,0616 (-0,52)	0,1292 (1,2)	0,2092 (1,54)	-0,1023 (-0,76)	-0,0849 (-0,61)	0,0672 (0,5)
	Très grande	<b>0,2584</b> (2,05)	0,1481 (1,1)	0,0345 (0,29)	0,0087 (0,06)	0,0391 (0,2)	-0,2037 (-0,99)	-0,0015 (-0,01)	-0,1150 (-0,62)
Corr.	$\rho_{21}$	<b>0,5122 (14,20)</b>				<b>0,4996 (12,42)</b>			
	$\rho_{31}$	<b>0,3533 (8,57)</b>				<b>0,3581 (8,08)</b>			
	$\rho_{41}$	<b>0,3090 (7,01)</b>				<b>0,3224 (7,16)</b>			
	$\rho_{32}$	<b>0,3818 (9,23)</b>				<b>0,3826 (9,45)</b>			
	$\rho_{42}$	<b>0,4783 (12,47)</b>				<b>0,4853 (13,16)</b>			
	$\rho_{43}$	<b>0,4586 (11,41)</b>				<b>0,4758 (12,44)</b>			

N = 1373 (Spécification I) – N = 1296 (Spécification II)

Statistiques T entre parenthèses. Les paramètres en gras sont statistiquement significatifs à un niveau de 0,10 ou moins.

**Tableau 13 : Modèle 2 – Niveau d'innovation : paramètres estimés**  
 – Var. dép. : Indicateurs continus de l'innovation (2007-09) –

Variable	Spécification III				Spécification IV				
	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	
$j^{PRCS}$	<b>0,6550</b> (3,57)	<b>10,0571</b> (1,98)	0,3101 (1,08)	0,0660 (0,52)	<b>0,4239</b> (2,25)	4,9454 (0,98)	0,1968 (0,69)	0,0086 (0,06)	
$j^{ORGZ}$	<b>0,5353</b> (2,47)	<b>14,8486</b> (2,96)	0,4730 (1,34)	0,1300 (1,09)	<b>0,3789</b> (2,08)	<b>11,4116</b> (2,09)	0,4452 (1,20)	0,0628 (0,47)	
$j^{PRDT}$	0,0305 (0,15)	<b>12,6573</b> (2,49)	<b>1,4307</b> (4,15)	<b>0,4357</b> (2,52)	-0,1328 (-0,60)	<b>9,2308</b> (1,71)	<b>1,4135</b> (3,91)	<b>0,4169</b> (2,38)	
$j^{MRKT}$	0,2606 (1,19)	8,1726 (1,56)	<b>0,7262</b> (2,06)	<b>0,7683</b> (3,10)	0,2765 (1,38)	7,4661 (1,44)	<b>0,7180</b> (2,03)	<b>0,7695</b> (2,96)	
$\ln \overline{RD}$	—	—	—	—	0,2600 (1,26)	1,8574 (0,95)	0,4013 (1,36)	-0,0043 (-0,05)	
<i>ADVTECH</i>	—	—	—	—	<b>0,2611</b> (2,48)	2,2757 (1,13)	0,0594 (0,37)	0,0980 (1,53)	
<i>TRAINING</i>	—	—	—	—	-0,1405 (-0,81)	7,9379 (1,34)	-0,3372 (-1,31)	0,0320 (0,23)	
<i>PATENTS</i>	—	—	—	—	-0,1220 (-0,45)	-0,1095 (-0,03)	-0,0421 (-0,14)	0,0025 (0,02)	
Taille	Moyenne	<b>0,4827</b> (2,80)	2,2349 (0,40)	0,4961 (1,59)	0,1756 (1,33)	0,1022 (0,52)	-4,7076 (-0,80)	0,1864 (0,55)	0,1095 (0,74)
	Grande	<b>1,3609</b> (3,76)	-3,8552 (-0,52)	<b>0,9750</b> (2,23)	0,1786 (0,96)	<b>0,8167</b> (2,25)	-11,1511 (-1,43)	0,4776 (0,88)	0,0997 (0,47)
	Très grande	<b>2,2981</b> (5,25)	0,1675 (0,02)	<b>2,3445</b> (3,72)	<b>0,8300</b> (2,29)	<b>1,1898</b> (1,94)	-12,2387 (-1,25)	1,1298 (1,39)	0,6866 (1,59)
Corr. ( $\sigma$ )	<b>2,9312</b> (6,60)	<b>72,6835</b> (26,89)	<b>4,2221</b> (6,93)	<b>2,0937</b> (4,30)	<b>2,9293</b> (6,80)	<b>72,0862</b> (26,81)	<b>4,2544</b> (7,00)	<b>2,1259</b> (4,46)	

N = 1370 (Spécification III) – N = 1293 (Spécification IV)

Statistiques T entre parenthèses. Les paramètres en gras sont statistiquement significatifs à un niveau de 0,10 ou moins.

**Tableau 14 : Productivité : paramètres estimés**  
 – Var. dép. : croissance de la productivité du travail (2007-08) –

Variable		Spécification III				Spécification IV			
		PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT	PRCS	ORGZ	PRDT	MRKT
<i>CAP</i>		<b>0,0729</b>	<b>(2,93)</b>	<b>0,0713</b>	<b>(2,94)</b>	<b>0,0745</b>	<b>(3,18)</b>	<b>0,0725</b>	<b>(2,79)</b>
<b>I (0000)</b>		-1,2772	(-1,61)	-0,5485	(-0,89)	—	—	—	—
<b>I (0001)</b>		<b>10,5108</b>	<b>(1,76)</b>	1,8520	(0,43)	—	—	—	—
<b>I (0010)</b>		5,0159	(1,48)	1,3552	(0,54)	—	—	—	—
<b>I (0011)</b>		<b>-17,0447</b>	<b>(-2,66)</b>	-6,7410	(-1,39)	—	—	—	—
<b>I (0100)</b>		2,8024	(0,86)	-0,3334	(-0,17)	—	—	—	—
<b>I (0101)</b>		-6,6510	(-0,84)	2,8573	(0,62)	—	—	—	—
<b>I (0110)</b>		-8,0044	(-1,51)	-1,6830	(-0,49)	—	—	—	—
<b>I (0111)</b>		<b>8,7099</b>	<b>(2,18)</b>	2,6679	(0,96)	—	—	—	—
<b>I (1000)</b>		<b>5,5607</b>	<b>(2,30)</b>	2,7131	(1,61)	—	—	—	—
<b>I (1001)</b>		<b>-22,5794</b>	<b>(-2,14)</b>	-5,5246	(-0,95)	—	—	—	—
<b>I (1010)</b>		<b>-9,5251</b>	<b>(-2,37)</b>	-3,8990	(-1,39)	—	—	—	—
<b>I (1011)</b>		<b>16,5474</b>	<b>(2,97)</b>	<b>6,0653</b>	<b>(1,81)</b>	—	—	—	—
<b>I (1100)</b>		<b>-3,8658</b>	<b>(-1,67)</b>	-1,0919	(-0,86)	—	—	—	—
<b>I (1101)</b>		5,0303	(1,39)	0,0942	(0,06)	—	—	—	—
<b>I (1110)</b>		<b>3,7129</b>	<b>(2,16)</b>	1,3258	(1,21)	—	—	—	—
<b>I (1111)</b>		<b>-1,8949</b>	<b>(-2,57)</b>	-0,6057	(-1,40)	—	—	—	—
<b>INT (0001)</b>		—	—	—	—	-0,4965	(-0,61)	0,1628	-0,22
<b>INT (0010)</b>		—	—	—	—	<b>-0,3539</b>	<b>(-1,65)</b>	-0,2363	(-1,11)
<b>INT (0011)</b>		—	—	—	—	0,5819	(0,78)	-0,1318	(-0,20)
<b>INT (0100)</b>		—	—	—	—	0,0003	(0,03)	0,0035	(0,39)
<b>INT (0101)</b>		—	—	—	—	0,0333	(1,27)	0,0054	(0,24)
<b>INT (0110)</b>		—	—	—	—	<b>0,0127</b>	<b>(1,88)</b>	0,0100	(1,50)
<b>INT (0111)</b>		—	—	—	—	-0,0289	(-1,34)	-0,0047	(-0,26)
<b>INT (1000)</b>		—	—	—	—	<b>0,7857</b>	<b>(2,20)</b>	<b>0,7460</b>	<b>(2,30)</b>
<b>INT (1001)</b>		—	—	—	—	-0,6397	(-0,81)	-0,7712	(-1,24)
<b>INT (1010)</b>		—	—	—	—	-0,1685	(-0,74)	-0,0885	(-0,45)
<b>INT (1011)</b>		—	—	—	—	0,0724	(0,16)	0,2666	(0,81)
<b>INT (1100)</b>		—	—	—	—	<b>-0,0255</b>	<b>(-2,02)</b>	<b>-0,0218</b>	<b>(-2,10)</b>
<b>INT (1101)</b>		—	—	—	—	0,0122	(0,52)	0,0188	(1,03)
<b>INT (1110)</b>		—	—	—	—	0,0054	(0,80)	0,0017	(0,33)
<b>INT (1111)</b>		—	—	—	—	0,0018	(0,15)	-0,0046	(-0,54)
<i>AGE</i>		<b>-0,0018</b>	<b>(-1,95)</b>	<b>-0,0016</b>	<b>(-1,91)</b>	<b>-0,0017</b>	<b>(-1,82)</b>	-0,0015	(-1,56)
<i>C_INDEX</i>		-0,0148	(-0,51)	-0,0231	(-0,81)	-0,0119	(-0,42)	-0,0241	(-0,84)
<i>XPWO</i>		3,56E-07	(0,00)	3,41E-07	(0,00)	<b>0,0004</b>	<b>(2,51)</b>	<b>0,0004</b>	<b>(2,39)</b>
<i>XPUS</i>		-2,77E-08	(0,00)	-2,80E-08	(0,00)	-0,0001	(-0,92)	-0,0001	(-0,70)
<i>GVC</i>		-0,0063	(-0,53)	-0,0059	(-0,50)	-0,0113	(-0,96)	-0,0112	(-0,95)
Taille	Moyenne	0,0230	(1,36)	<b>0,0265</b>	<b>(1,76)</b>	<b>0,0297</b>	<b>(1,77)</b>	<b>0,0316</b>	<b>(2,07)</b>
	Grande	0,0141	(0,57)	0,0115	(0,51)	0,0426	(1,22)	0,0247	(0,93)
	Très grande	0,0173	(0,69)	0,0115	(0,45)	0,0772	(1,47)	0,0416	(1,04)

N = 1285 (Spécification I) – N = 1209 (Spécification II)

N = 1282 (Spécification III) – N = 1206 (Spécification IV)

Statistiques T entre parenthèses. Les paramètres en gras sont statistiquement significatifs à un niveau de 0,10 ou moins.

## Annexe D – Détails du test de Carree et coll. (2010)

La complémentarité peut être testée par pair de type d'innovation. Pour ce faire, l'équation (4) devient (l'équation (5) peut être réécrite de la même façon) :

$$\Delta LP = \eta_1^{0001} I(0001) + \eta_1^{0010} I(0010) + \eta_1^{0011} I(0011) + \eta_1^{0100} I(0100) + \eta_1^{0101} I(0101) + \eta_1^{0110} I(0110) + \eta_1^{0111} I(0111) + \eta_1^{1000} I(1000) + \eta_1^{1001} I(1001) + \eta_1^{1010} I(1010) + \eta_1^{1011} I(1011) + \eta_1^{1100} I(1100) + \eta_1^{1101} I(1101) + \eta_1^{1110} I(1110) + \eta_1^{1111} I(1111) + \eta_2 W + \mu \quad (6)$$

où W représente toutes les variables non-liées à l'innovation. La complémentarité entre PRCS et ORGZ—les facteurs dans les positions 1 et 2 respectivement dans I—requiert :

$$\begin{aligned} \eta_1^{1100} &> 0 \text{ et} \\ \eta_1^{1100} + \eta_1^{1110} &> 0 \text{ et} \\ \eta_1^{1100} + \eta_1^{1101} &> 0 \text{ et} \\ \eta_1^{1100} + \eta_1^{1110} + \eta_1^{1101} + \eta_1^{1111} &> 0 \end{aligned} \quad (6.1)$$

L'équation (6) peut être réécrite de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \Delta LP = & \eta_1^{0001} I(0001) + \eta_1^{0010} I(0010) + \eta_1^{0011} I(0011) + \eta_1^{0100} I(0100) + \\ & \eta_1^{0101} I(0101) + \eta_1^{0110} I(0110) + \eta_1^{0111} I(0111) + \eta_1^{1000} I(1000) + \\ & \eta_1^{1001} I(1001) + \eta_1^{1010} I(1001) + \eta_1^{1011} I(1011) + \\ & \eta_1^{1100} (I(1100) + I(1111) - I(1110) - I(1101)) + \\ & (\eta_1^{1100} + \eta_1^{1101}) (I(1101) - I(1111)) + \\ & (\eta_1^{1100} + \eta_1^{1110}) (I(1110) - I(1111)) + \\ & (\eta_1^{1100} + \eta_1^{1110} + \eta_1^{1101} + \eta_1^{1111}) I(1111) + \eta_2 W + \mu \end{aligned} \quad (7)$$

Les paramètres en rouge dans le modèle transformé correspondent aux restrictions du test. En dénotant les statistiques T associées à ces coefficients estimés par  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_4$ , la complémentarité requiert que

$$t_1 > t_c \text{ et } t_2 > -t_d \text{ et } t_3 > -t_d \text{ et } t_4 > -t_d$$

OU

$$t_1 > t_d \text{ et } t_2 > -t_c \text{ et } t_3 > -t_d \text{ et } t_4 > -t_d$$

OU

$$t_1 > t_d \text{ et } t_2 > -t_d \text{ et } t_3 > -t_c \text{ et } t_4 > -t_d$$

OU

$$t_1 > t_d \text{ et } t_2 > -t_d \text{ et } t_3 > -t_d \text{ et } t_4 > -t_c$$

$t_c$  et  $t_d$  sont les valeurs critiques du test. Selon Carre et coll.,  $t_c = 2,24$  et  $t_d = 1,65$  pour un test bilatéral au niveau de 0,10.

Rejeter la complémentarité n'implique pas nécessairement la substitution, cette dernière doit donc également être testée. En utilisant la même transformation, la substitution requiert :

$$t_1 < -t_c \text{ et } t_2 < t_d \text{ et } t_3 < t_d \text{ et } t_4 < t_d$$

OU

$$t_1 < t_d \text{ et } t_2 < -t_c \text{ et } t_3 < t_d \text{ et } t_4 < t_d$$

OU

$$t_1 < t_d \text{ et } t_2 < t_d \text{ et } t_3 < -t_c \text{ et } t_4 < t_d$$

OU

$$t_1 < t_d \text{ et } t_2 < t_d \text{ et } t_3 > t_d \text{ et } t_4 < -t_c$$

L'équivalence de ce test avec le test de Mohnen et Röller (2005) peut être trouvé en comparant les hypothèses des deux techniques. Comme le montre le tableau suivant pour les facteurs 1 et 2, l'idée principale des deux tests consiste à bien définir les paires à tester tout en maintenant les autres facteurs constants. Les conditions pour les autres paires se dérivent de la même façon.

Hypothèses pour la complémentarité entre les facteurs 1 et 2 dans	
Carree et al.	Mohnen et Röller
$\eta_1^{1100} > 0$	$I(1100) - I(0100) > I(1000) - I(0000)$
$\eta_1^{1100} + \eta_1^{1110} > 0$	$I(1110) - I(0110) > I(1010) - I(0010)$
$\eta_1^{1100} + \eta_1^{1101} > 0$	$I(1101) - I(0101) > I(1001) - I(0001)$
$\eta_1^{1100} + \eta_1^{1110} + \eta_1^{1101} + \eta_1^{1111} > 0$	$I(1111) - I(0111) > I(1011) - I(0011)$