



**HAL**  
open science

# Les déterminants de la dynamique de l'innovation : une analyse de la complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles

Olfa Hajjem Zaier

► **To cite this version:**

Olfa Hajjem Zaier. Les déterminants de la dynamique de l'innovation : une analyse de la complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles. Economies et finances. Université Nice Sophia Antipolis; Institut supérieur de gestion (Tunis), 2015. Français. NNT : 2015NICE0023 . tel-01423917

**HAL Id: tel-01423917**

**<https://theses.hal.science/tel-01423917>**

Submitted on 1 Jan 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS  
INSTITUT SUPÉRIEUR D'ECONOMIE ET DE MANAGEMENT  
UNIVERSITÉ DE TUNIS  
INSTITUT SUPÉRIEUR DE GESTION

## THESE DE DOCTORAT EN COTUTELLE

en vue de l'obtention du titre de docteur en  
SCIENCES ECONOMIQUES

---

**Les déterminants de la dynamique de l'innovation :  
une analyse de la complémentarité entre les compétences  
technologiques et organisationnelles**

---

HAJJEM ZAIER OLFA

SOUTENUE LE 28 OCTOBRE 2015, DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

|                  |  |            |
|------------------|--|------------|
| MAIRESSE JACQUES | PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE MAASTRICHT     | PRÉSIDENT  |
| MOHNEN PIERRE    | PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE MAASTRICHT     | RAPPORTEUR |
| M'HENNI HATEM    | PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE MANOUBA        | RAPPORTEUR |
| BEN YOUSSEF ADEL | MAÎTRE DE CONFÉRENCE, UNIVERSITÉ DE NICE | MEMBRE     |
| AYADI MOHAMED    | PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE TUNIS          | DIRECTEUR  |
| GARROUSTE PIERRE | PROFESSEUR, UNIVERSITÉ DE NICE           | DIRECTEUR  |

---

2015-2016

Ecole doctorale Droit et Sciences Politiques, Economiques et de Gestion  
Laboratoires : GREDEG et UAQUAP



DÉDICACE

A mes parents,

A mes soeurs et mon frère,

A mon mari,...

## REMERCIEMENT

Je souhaite tout d'abord remercier mes directeurs Messieurs Mohamed Ayadi et Pierre Garrouste pour la confiance qu'ils m'ont accordée, très tôt, et tout au long de ce projet. Leurs qualités scientifiques et humaines et la clairvoyance de leurs conseils m'ont été d'une aide précieuse.

Je remercie également Messieurs Jacques Mairesse, Hatem M'Henni, Pierre Mohnen et Adel Ben Youssef qui me font l'honneur de composer mon jury.

Je voudrais par ailleurs exprimer ma gratitude aux membres de GREDEG et de l'UAQUAP, qui m'ont permis de poursuivre ma thèse dans un environnement scientifique de qualité. Sans leur collaboration, je n'aurais pu mener à bien cet essai. Qu'ils en soient tous remerciés.

Une mention particulière à mes collègues et amies de l'ISG pour leur aide précieuse et surtout leur soutien moral tout au long de ce travail.

Merci pour tous ceux qui, de près ou à distance, récemment ou depuis plus longtemps, m'ont permis de garder les pieds sur terre. Mes parents et ma famille ont suscité en moi une curiosité de la vie et une envie d'apprendre qui m'ont été indis-

pensables tout au long de ce parcours. Leur encouragements sans faille jour après jour m'ont été très précieux.

Enfin, mes tendres remerciements à mon mari pour sa patience et son assistance morale malgré la longue distance qui nous a séparé la plupart du temps.

# TABLE DES MATIÈRES

|   |           |
|---|-----------|
| Liste des tableaux  | 5         |
| Table des figures   | 6         |
| <b>1 Cadre d'analyse : Economie des connaissances et supermodularité de l'innovation</b>                                      | <b>17</b> |
| 1.1 Introduction  | 17        |
| 1.2 De la conception de la firme comme processeur d'information à la conception de la firme comme processeur de connaissances | 18        |
| 1.2.1 La conception de la firme comme processeur d'information  | 18        |
| 1.2.2 La conception de la firme comme processeur de connaissances   | 19        |
| 1.3 L'approche par les compétences et notion d'apprentissage organisationnel  | 21        |
| 1.4 Les concepts de supermodularité et de complémentarité et leur apport à l'étude des stratégies d'innovation                | 24        |
| 1.4.1 Les notions de supermodularité et de complémentarité  | 24        |
| 1.4.2 La complémentarité des stratégies d'innovation  | 28        |
| 1.5 Conclusions   | 29        |
| <b>2 L'innovation en France : Contexte, typologie et évolution des enquêtes sur l'innovation</b>                              | <b>31</b> |
| 2.1 Introduction  | 31        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.2      | Les politiques Européenne et Française en matière d'innovation . . . . .   | 32        |
| 2.2.1    | Initiatives Européennes en recherche et innovation . . . . .   | 32        |
| 2.2.2    | La recherche et l'innovation en France . . . . .   | 37        |
| 2.3      | Définition et typologie des innovations . . . . .  | 39        |
| 2.4      | Evolution des enquêtes et des études sur l'innovation . . . . .  | 43        |
| 2.5      | Conclusions . . . . .  | 44        |
| <b>3</b> | <b>La complémentarité entre les changements organisationnels, l'activité de R&amp;D et la coopération technologique dans l'industrie française</b> | <b>46</b> |
| 3.1      | Introduction . . . . .   | 46        |
| 3.2      | Les déterminants de l'innovation : une approche par les compétences  | 47        |
| 3.2.1    | Effets des caractéristiques internes et externes de l'entreprise   | 48        |
| 3.2.2    | Les coopérations inter-entreprises comme sources d'internalisation des compétences pour innover . . . . .  | 48        |
| 3.2.3    | Effet des activités de recherche et développement . . . . .  | 50        |
| 3.2.4    | Les changements organisationnels et les systèmes de gestion des connaissances . . . . .  | 51        |
| 3.2.5    | Complémentarité entre les compétences technologiques et les changements organisationnels . . . . .   | 53        |
| 3.3      | Etude empirique . . . . .  | 55        |
| 3.3.1    | Construction des variables . . . . .   | 55        |
| 3.3.2    | Les déterminants de la probabilité d'innover pour les entreprises françaises . . . . .   | 57        |
| 3.3.2.1  | Rôle des caractéristiques internes et externes de l'entreprise . . . . .   | 59        |
| 3.3.2.2  | Rôle des pratiques technologiques et des changements organisationnels . . . . .  | 61        |
| 3.3.3    | Etude de la complémentarité entre les pratiques organisationnelles et technologiques . . . . .   | 63        |
| 3.3.3.1  | Conditions de complémentarité . . . . .  | 63        |
| 3.3.3.2  | Tests de complémentarité et résultats . . . . .  | 65        |



|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 3.4      | Conclusions . . . . .  | 70         |
| <b>4</b> | <b>Effets des innovations technologiques et organisationnelles sur la productivité : Une extension du modèle CDM</b> | <b>72</b>  |
| 4.1      | Revue de la littérature basée sur le modèle CDM . . . . .  | 75         |
| 4.1.1    | Présentation du modèle CDM . . . . .   | 75         |
| 4.1.2    | Travaux basés sur le modèle CDM . . . . .  | 76         |
| 4.2      | Modèle économétrique . . . . .   | 80         |
| 4.2.1    | Donnés et méthodologie . . . . .   | 80         |
| 4.2.2    | Étape I : Equations des inputs d'innovation . . . . .  | 81         |
| 4.2.2.1  | Equations . . . . .  | 81         |
| 4.2.2.2  | Choix des variables . . . . .  | 82         |
| 4.2.2.3  | Résultats des estimations . . . . .  | 85         |
| 4.2.2.4  | Interprétaion des résultats . . . . .  | 87         |
| 4.2.3    | Étape II : Equations des outputs d'innovation . . . . .  | 89         |
| 4.2.3.1  | Equations et méthode d'estimation . . . . .  | 89         |
| 4.2.3.2  | Résultats d'estimation . . . . .   | 91         |
| 4.2.3.3  | Interprétaion des résultats . . . . .  | 92         |
| 4.2.3.4  | Interdépendance entre les différents types d'innovation  | 94         |
| 4.2.4    | Étape III : Equation de la productivité . . . . .  | 96         |
| 4.2.4.1  | Méthode et résultats d'estimation . . . . .  | 96         |
| 4.2.4.2  | Interprétation des résultats . . . . .   | 98         |
| 4.3      | Conclusions . . . . .  | 99         |
| <b>5</b> | <b>L'aspect dynamique de l'activité d'innovation</b>   | <b>102</b> |
| 5.1      | Introduction . . . . .   | 102        |
| 5.2      | Revue de la littérature . . . . .  | 103        |
| 5.2.1    | Arguments économiques de la persistance d'innovation . . . . .   | 104        |
| 5.2.1.1  | Le succès engendre le succès . . . . .   | 104        |
| 5.2.1.2  | L'accumulation des connaissances dans le temps . . . . .   | 105        |
| 5.2.1.3  | Les coûts irrécupérables . . . . .   | 105        |
| 5.2.2    | Littérature empirique sur la persistance de l'innovation . . . . .   | 107        |

|         |  |            |
|---------|--|------------|
| 5.3     | Etude de la persistance de l'activité d'innovation des entreprises fran-<br>çaises . . . . . | 110        |
| 5.3.1   | Données . . . . .  | 110        |
| 5.3.1.1 | Répartition sectorielle des trois vagues de CIS . . . . .                                    | 111        |
| 5.3.1.2 | Evolution des inputs et des outputs d'innovation pour<br>les trois vagues de CIS . . . . .   | 113        |
| 5.3.2   | Modèle économétrique . . . . .   | 117        |
| 5.3.2.1 | Dynamique des inputs d'innovation . . . . .  | 118        |
| 5.3.2.2 | Dynamique des outputs d'innovation . . . . .   | 128        |
| 5.3.2.3 | Equation de la productivité . . . . .  | 135        |
| 5.4     | Conclusions . . . . .  | 139        |
|         | <b>Bibliographie</b>   | <b>153</b> |
|         | <b>A Annexes du chapitre 3</b>   | <b>167</b> |
| A.1     | Estimation des modèles probit à variables instrumentales en deux étapes                      | 167        |
| A.2     | Estimation des modèles probit simples . . . . .  | 168        |
| A.3     | Tests de complémentarité . . . . .   | 169        |
|         | <b>B Annexes du chapitre 4</b>   | <b>174</b> |
| B.1     | Estimation des équations des inputs d'innovation . . . . .                                   | 174        |
| B.2     | Estimation des équations des outputs d'innovation . . . . .                                  | 179        |
| B.3     | Estimation de chaque combinaison possible d'innovation . . . . .                             | 181        |
| B.4     | Estimation de la productivité . . . . .  | 191        |
|         | <b>C Annexes du chapitre 5</b>   | <b>192</b> |
| C.1     | Estimation des équations de R&D interne . . . . .  | 192        |
| C.2     | Estimation des équations de R&D externe . . . . .  | 196        |
| C.3     | Estimation des équations d'achat de machines et logiciels . . . . .                          | 199        |
| C.4     | Estimation des modèles statiques et dynamiques d'innovation . . . . .                        | 203        |
| C.5     | Estimation des équations de la productivité . . . . .  | 216        |

## LISTE DES TABLEAUX

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 3.1 | Estimation des modèles probit à variables instrumentales en deux étapes   | 58  |
| 3.2 | Estimation des modèles Probit simples . . . . .   | 59  |
| 3.3 | Tests de complémentarité entre activité de R&D, partenariat technologique et changements organisationnels . . . . . | 67  |
| 4.1 | Liste non exhaustive des travaux sur le rendement de l'innovation . .   | 77  |
| 4.2 | Estimation des équations des inputs de l'innovation . . . . .   | 86  |
| 4.3 | Estimation des outputs d'innovation . . . . .   | 92  |
| 4.4 | Estimation de chaque combinaison possible d'innovations . . . . .   | 95  |
| 4.5 | Estimation de la productivité . . . . .   | 97  |
| 5.1 | Liste non exhaustive des travaux sur la persistance de l'innovation . .   | 108 |
| 5.2 | Probabilité de transition des inputs d'innovation . . . . .   | 115 |
| 5.3 | Probabilité de transition des outputs d'innovation . . . . .  | 116 |
| 5.4 | Estimation des équations de R&D interne . . . . .   | 123 |
| 5.5 | Estimation des équations de R&D externe . . . . .   | 125 |
| 5.6 | Estimation des équations d'achat de machines et logiciels . . . . .   | 127 |
| 5.7 | Estimation des équations de l'innovation produit et l'innovation procédé  | 130 |
| 5.8 | Estimation des équations de l'innovation en organisation et l'innovation en marketing . . . . .                     | 133 |
| 5.9 | Estimation de l'équation de productivité . . . . .  | 137 |

## TABLE DES FIGURES

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 2.1 | Performance d'innovation . . . . .                   | 35  |
| 2.2 | Performance d'innovation des Etats de l'UE . . . . . | 36  |
| 2.3 | Comparaison des performances d'innovation . . . . .  | 38  |
| 4.1 | Modèle CDM . . . . .                                 | 75  |
| 5.1 | couverture sectorielle . . . . .                     | 111 |
| 5.2 | Intensité technologique . . . . .                    | 112 |
| 5.3 | Activités d'innovation . . . . .                     | 113 |
| 5.4 | Pourcentage des 4 types d'innovation . . . . .       | 114 |

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Un intérêt ascendant est attribué à la question de l'innovation considérée comme un déterminant de la compétitivité et de la flexibilité des entreprises dans le contexte actuel de mondialisation des échanges. Dès lors, le renforcement de la recherche et des compétences pour innover est devenu de plus en plus au cœur des politiques stratégiques gouvernementales. En effet, les critères tels que l'investissement en R&D, en mobilisation du capital humain ou en gestion des connaissances sont devenus des indicateurs de croissance et de développement des pays.

Pour cette raison, le conseil européen de Lisbonne tenu en Mars 2000 projetait de faire de l'UE "l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde". Le conseil européen de Barcelone tenu en Mars 2002 fixait l'objectif d'atteindre un niveau de dépenses en recherche et développement (R&D) représentant plus de 3% du PIB d'ici 2020. L'identification des conditions de réussite d'une telle stratégie devient alors une nécessité et appelle une réflexion approfondie pour comprendre le mécanisme de création et de diffusion des compétences pour innover.

Vue son importance et afin de proposer des politiques d'innovation plus pertinentes, cette question a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche. Ces études

ont intégré un ensemble de déterminants de l'activité d'innovation ayant trait aux caractéristiques de l'entreprise (vision schumpetérienne), notamment sa taille, son niveau d'exportation, son investissement en R&D et son utilisation des technologies avancées ; ou de son environnement (Crépon, Duguet et Mairesse, 2000), notamment l'intensité de la compétition et le contexte régional. La majorité de ces travaux se sont focalisés sur l'innovation technologique en produit étant donné que c'est le seul type d'innovation pouvant être évalué d'une manière précise et accessible par des données quantitatives (nombre de brevets, part des produits nouveaux dans le chiffre d'affaire).

Cependant, nous assistons à un changement des données disponibles avec l'apparition de nouvelles enquêtes communautaires sur l'innovation (CIS) qui ont introduit d'autres inputs (investissement en TIC) et outputs (innovation organisationnelle et de marketing) de l'innovation. Ainsi, des études récentes ont montré l'importance de l'effet des pratiques organisationnelles et de la gestion des connaissances (knowledge management) sur la réussite de l'innovation. Certains d'entre eux ont mis l'accent sur la nécessité que les innovations technologiques, pour être efficaces, soient accompagnées de changements organisationnels liés à une bonne gestion des connaissances (Brynjofsson et Hitt, 2000 ; Bresnahan et al., 2002 ; Greenan et Mairesse, 2004 ; Galia et Legros, 2005 ; Mohnen et Roller, 2005).

Toutefois, très peu de travaux empiriques ont été réalisés pour déterminer l'effet de l'adoption des nouvelles pratiques organisationnelles sur le renforcement de la capacité innovatrice des entreprises. Notre étude s'inscrit dans ce champ de recherche en s'interrogeant plus précisément sur les déterminants de la dynamique d'innovation tout en mettant en relief l'importance de l'impact des changements organisationnels sur la gestion des connaissances et l'acquisition et le développement des compétences

pour innover. Cette question reste en effet très peu abordée par la littérature malgré l'abondance des travaux sur le rendement des innovations technologiques.

La plupart des travaux empiriques qui ont analysé l'activité de l'innovation (Mairesse et Mohnen, 2003 ; Galia et Legros, 2005 ; Robin et Mairesse, 2008) ont appliqué ou bien fait quelques extensions du modèle de Crépon, Duguet et Mairesse (1998) connu par CDM. Selon ce modèle, les attributs internes (taille, secteur d'activité) et externes (impulsion du marché et dynamique de la technologie) de la firme déterminent son activité de R&D. Cette dernière stimule le développement du capital de connaissances technologiques qui détermine l'intensité d'innovation et par là la productivité de la firme. Pour notre étude, on s'intéresse à la modélisation des déterminants de la dynamique d'innovation. Nous souhaitons mettre l'accent sur la nécessité de prendre en considération la complémentarité entre les compétences technologiques et l'architecture organisationnelle lors de l'étude de l'activité d'innovation en plus des déterminants liés aux caractéristiques de l'entreprise ou celles de son environnement.

Dans notre étude, nous proposons une extension du modèle CDM consistant d'abord à considérer les investissements en R&D externe et en achat de machines et logiciels (M&L) en plus des investissements classiques en R&D interne comme input d'innovation, puis à introduire les innovations organisationnelles (changement dans les stratégies managériales, l'organisation du travail ou les relations extérieurs) et de marketing (changement dans la conception du produit, l'emballage, le placement ou la politique de prix) comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit (innovation ou amélioration significative de biens et services) et en procédé (changement dans les méthodes de production ou de distribution).

Cependant, ce modèle statique de l'activité d'innovation ne permet pas de prendre

en considération l'importance du facteur temporel pour l'acquisition et l'accumulation des compétences technologiques et organisationnelles pour innover et pour le lancement effectif des entreprises dans une activité d'innovation qui soit rentable. En effet, il y a un décalage entre d'une part l'investissement en R&D, la coopération inter-firmes et la mise en œuvre des changements organisationnels et d'autre part l'acquisition et la diffusion des compétences pour innover. En outre, les innovations passées génèrent des profits et des compétences qui peuvent stimuler le lancement des activités d'innovation courantes (Griffith et Harvey, 2001 ; Duguet and Monjon, 2002). Dès lors, nous proposons de mettre l'accent sur l'aspect dynamique de l'activité d'innovation (Griffith et Harvey, 2001 ; Peri, 2005) et ce à travers la prise en considération de la composante temporelle par l'introduction de variables endogènes et exogènes retardées mesurant les inputs et les outputs d'innovation antérieurs.

Ce travail de thèse a donc pour finalité de procurer grâce à une étude économétrique sur des données d'entreprises françaises les éléments de réponse aux questions fondamentales suivantes :

Quel est le rôle joué par l'adoption des innovations organisationnelles et plus précisément des pratiques de management des connaissances sur l'innovation en produit et en procédé ? Y a-t-il une complémentarité entre l'impact des compétences organisationnelles et des compétences technologiques en matière de création des connaissances et de stimulation de l'innovation ? Comment mesurer le rendement des différents types d'innovation tout en tenant compte de leur interdépendance ? Dans quelle mesure les compétences pour innover s'accumulent avec le temps et comment expliquer la dynamique de l'innovation ?

Pour répondre à ces questions de recherche, nous avons organisé notre travail de



la manière suivante :

Dans un **premier chapitre**, nous développons notre cadre d'analyse théorique traitant de l'économie des connaissances et de la supermodularité de l'innovation.

A fin de trouver un cadre d'analyse adéquat, nous partons de l'analyse de la conception de la firme comme processeur d'information prenant comme cadre la théorie des coûts de transaction, la théorie de l'agence et la théorie conventionnaliste, à laquelle nous associons une approche de la firme comme processeur de connaissances (Cohendet et Llerena, 1999). Dans cette perspective, nous étudions l'apport de la théorie évolutionniste et des approches de la gestion stratégique de la firme basée sur les connaissances notamment l'approche des ressources et l'approche stratégique par les compétences, à l'étude de l'apprentissage organisationnel. Le reste du chapitre est dédié à la présentation des concepts de complémentarité et de supermodularité, traditionnellement utilisés en mathématiques et en optimisation combinatoire et la démonstration de leur apport à l'étude de l'interdépendance des stratégies d'innovation technologiques et non technologiques.

En effet, le travail pionnier en économie de Milgrom et Roberts (1990,1995) leur a permis de montrer qu'en présence de complémentarité l'adoption d'une stratégie sera plus rentable si les autres pratiques sont adoptées simultanément. Selon ces économistes, une fonction est dite supermodulaire dans le cas où la somme des changements dans la fonction quand quelques éléments augmentent séparément est inférieure au changement résultant d'une augmentation des éléments conjointement. Ainsi, il serait plus rentable dans ce cas de procéder à un changement radical pour modifier toutes les stratégies complémentaires simultanément. Dans le cadre de ce travail, nous exploitons ces conditions de complémentarité pour l'étude de la sensibilité de

la fonction d'innovation et pour montrer la complémentarité entre les innovations technologiques et non technologiques.

Tout au long de ce chapitre nous présentons un panorama des études théoriques et empiriques faites sur les déterminants des compétences technologiques et organisationnelles et de l'activité d'innovation. Dans cette revue de littérature, on met en évidence la richesse de cet axe de recherche malgré la rareté des travaux empiriques s'interrogeant sur le rôle de l'adoption des nouvelles pratiques organisationnelles sur la création et la diffusion des connaissances. A la lumière de ces études, nous posons nos hypothèses de recherche sur les déterminants de l'activité d'innovation.

Après avoir fait un survol sur la littérature économique des capacités cognitives, nous présentons le contexte de la recherche et de l'innovation en Europe et plus particulièrement en France (étant donné que nous travaillerons sur des données d'entreprises françaises) ainsi que les différentes façades de l'innovation dans le deuxième chapitre.

Notre **deuxième Chapitre** jette une lumière sur l'innovation en France et décrit son contexte, sa typologie ainsi que l'évolution des enquêtes sur l'innovation.

Dans ce chapitre, nous positionnons l'Union Européenne en matière de recherche et d'innovation par rapport à ses concurrents leaders mondiaux en innovation notamment les Etat Unis, le Japon et la Coré de Sud. Nous présentons également les différentes mesures prises par l'Union Européenne pour réduire cet écart et qui se sont répercutées directement sur les initiatives de recherche et d'innovation de chaque pays membre et notamment de la France. Notre étude comparative descriptive sera basée sur les indicateurs d'innovation synthétiques disponibles dans les rapports et

les tableaux de bord annuels de l'Union Européenne.

Le reste du chapitre est dédié à la présentation des différents aspects de l'innovation proposés dans la littérature et de l'évolution des données disponibles à son sujet en France (les enquêtes communautaires sur l'innovation).

Tous ces concepts et avancés théoriques appellent une validation empirique qui fera l'objet des chapitres suivants et qui nous permettra de tester nos hypothèses de recherche et de répondre à notre problématique.

Dans notre **troisième Chapitre** nous étudions les déterminants de l'activité d'innovation et considérons les changements organisationnels comme facteurs complémentaires aux activités de R&D et de coopération technologique.

Ce chapitre est consacré à l'analyse des déterminants de l'activité d'innovation des entreprises françaises tout en mettant en exergue l'importance et la complémentarité de l'impact des compétences organisationnelles et technologiques. Nous exploitons les données de l'enquête communautaire française sur l'innovation de 2006 pour l'application empirique. Nous commençons par l'utilisation des modèles Probit pour expliquer les déterminants de la décision d'innover en produit et en procédé et évaluer leurs effets marginaux. Ensuite, pour affirmer l'existence d'éventuelles relations d'interdépendance et de complémentarité entre les pratiques technologiques (activité de R&D et partenariat technologique) et organisationnelles (de management des connaissances), nous testons les conditions de complémentarité de chaque couple de stratégies telles que définies par Topkis (1978) et Milgrom & Roberts (1990, 1995). Notre étude des effets marginaux des trois stratégies sur la probabilité d'innover nous permettra de montrer que ces stratégies sont inter-reliées et qu'elles ont des effets

complémentaires qui appellent leur adoption simultanée plutôt que leur adoption isolée.

En tenant compte de ces relations de complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles pour innover, montrées dans le troisième chapitre, nous proposons un modèle pour mesurer l'effet des innovations technologiques et organisationnelles sur la productivité dans le quatrième chapitre.

Dans notre **quatrième Chapitre** nous effectuons une extension du modèle de Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000) considéré comme le modèle de référence de la majorité des travaux empiriques récents sur l'innovation. Notre apport consiste d'abord à introduire les investissements en R&D externe et en machines et logiciels en plus des investissements classiques en R&D interne comme input d'innovation, puis à introduire les innovations organisationnelles et de marketing comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit et en procédé.

Le modèle que nous utiliserons est composé de trois blocs d'équations structurelles. Le premier bloc est consacré à l'input de l'innovation. Il considère trois types d'investissements : en R&D interne, en R&D externe et en machines & logiciels. La fonction d'investissement est estimée par un modèle Tobit généralisé type II composé de deux équations (la première analyse les déterminants de la décision d'investir et la deuxième analyse ceux du montant d'investissement) tout en corrigeant le problème de biais de sélection. Les valeurs prédites des investissements seront par la suite introduites dans le deuxième bloc relatif à l'output de l'innovation qui permettra d'approximer les probabilités d'innover en produit, en procédé, en organisation et en marketing par un modèle Probit multivarié.

Ce deuxième modèle sera estimé par la méthode de maximum de vraisemblance simulé en utilisant le simulateur GHK (Train, 2003). Les probabilités prédites de chaque type d'innovation seront par la suite introduites dans le troisième bloc composé de l'équation linéaire de productivité mesurée par le rapport du chiffre d'affaire par le nombre d'employés.

Enfin, pour tenir compte du processus d'accumulation des compétences, nous avons consacré le cinquième chapitre à l'étude de l'aspect dynamique de l'activité d'innovation.

Nous allons nous baser sur un panel de données non cylindrés de trois vagues de CIS françaises (1998-2000 ; 2002-2004 ; 2004-2006) pour étudier la persistance de la relation dynamique entre R&D-innovation-productivité. Notre apport pour ce chapitre consiste à examiner l'effet des activités de R&D et d'innovations passées sur les activités de R&D et d'innovations présentes et à voir si les innovations proviennent des mêmes entreprises ("success breeds success") ou s'il y a un phénomène de destruction créatrice. Ce modèle dynamique permettra aussi de déterminer la durée de l'effet des différents types d'innovation sur la productivité.

Pour répondre à cette problématique, nous utiliserons la même structure à trois étapes du modèle CDM utilisée dans le chapitre précédent à laquelle nous ajouterons des variables endogènes et exogènes retardées. Ces nouvelles variables nous permettront d'étudier l'effet des inputs et des outputs d'innovation antérieurs sur l'activité d'innovation actuelle et sur la productivité. Pour estimer les équations des inputs d'innovation, nous utiliserons un modèle Tobit type II dynamique tenant compte de l'hétérogénéité inobservée, du problème de la condition initiale (par la méthode de Wooldridge, 2005) et du problème de sélection (par la méthode de Heckman, 1979).

Les équations des outputs d'innovation seront estimées par des modèles Probit dynamiques tenant compte de la même manière de l'hétérogénéité inobservée.

A l'issue de ce travail de thèse, notre ambition est alors d'apporter un éclairage plus précis sur l'activité d'innovation en étudiant, non seulement l'effet des déterminants classiques liés aux caractéristiques internes et externes des entreprises, mais aussi en intégrant les nouveaux inputs (R&D externe et NTIC) et outputs (innovation organisationnelle et en marketing) de l'innovation. Nous souhaitons, en outre, proposer des politiques d'innovation tenant compte de la complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles pour innover d'une part et du processus d'accumulation de ces compétences dans le temps d'autre part.

# CHAPITRE 1

## CADRE D'ANALYSE : ECONOMIE DES CONNAISSANCES ET SUPERMODULARITÉ DE L'INNOVATION

### 1.1 Introduction

Des avancées importantes ont été réalisées par les théories économiques pour la compréhension des mécanismes de l'innovation. Ces études ont montré d'une part, que l'innovation doit être envisagée en tant que processus dynamique plutôt que d'être considérée comme un changement à un instant précis, celui de la mise sur le marché d'un produit nouveau. D'autre part, l'innovation ne peut être portée par un individu isolé, l'entrepreneur schumpetérien, mais doit être vue comme le résultat d'un travail collectif favorisant l'implication de tous les partenaires internes et externes de l'entreprise.

L'objectif de ce chapitre est de proposer un cadre d'analyse adéquat pour l'étude des déterminants de l'activité d'innovation de la firme. Pour cela, nous étudions d'abord l'évolution de la conception de la firme comme processeur d'information vers la conception de la firme comme processeur de connaissances. Ensuite, nous présentons les notions de routines et d'apprentissage organisationnel selon l'approche

par les compétences. Enfin, nous exploitons les théories de complémentarités et de supermodularité traditionnellement utilisées en mathématiques et en optimisation combinatoire et montrons leur apport pour mieux comprendre les stratégies d'innovation et pour étudier la complémentarité entre les innovations technologiques et non technologiques.

## **1.2 De la conception de la firme comme processeur d'information à la conception de la firme comme processeur de connaissances**

Les théories de la firme n'abordent pas de la même manière les questions des capacités cognitives et celles du processus d'apprentissage (Fransman, 1994, Cohendet et Llerena 1999). Cette diversification de conceptions réfère à des visions différentes de la raison d'existence de la firme, du contexte d'analyse, des hypothèses, etc. . .

### **1.2.1 La conception de la firme comme processeur d'information**

L'approche basée sur l'information est représentée essentiellement par les théories contractuelles de la firme telle que la théorie des coûts de transaction (Coase, 1937 ; Williamson, 1985, 1991), la théorie de l'agence (Jensen et Meckling, 1976) et la théorie conventionnaliste (Orléan, 1991), Gomez (1994,1996)). Ces courants remettent en cause la primauté des mécanismes de prix comme instrument unique de coordination en présence de l'asymétrie informationnelle et du comportement opportuniste des agents. Ils mettent en exergue le rôle institutionnel de la firme pour remédier à ces problèmes via les mécanismes d'incitation.



Ainsi, le centre d'analyse de cette approche est l'échange de l'information. La prise en compte des contraintes cognitives des agents est matérialisée par le principe de leur rationalité limitée. Mais, l'introduction de ces dimensions cognitives est très réduite et les processus d'apprentissage ne sont pas au centre de l'analyse (Cohendet & Llerena, 1999). En effet, selon cette vision, les connaissances et les capacités cognitives sont figées et totalement déterminées par les flux informationnels. Autrement dit, un même flux d'informations génère exactement le même flux de connaissances chez tous les individus. Les compétences de la firme sont donc statiques et n'évoluent pas dans le temps.

On assiste à une remise en cause de cette vision statique de la firme et des connaissances car la firme évolue dans un environnement de plus en plus dynamique et l'interprétation d'une même information diffère d'un agent à l'autre surtout si elle est tacite. En outre, la résolution des problèmes informationnels ne peut aboutir sans un effort interne de rationalisation de l'organisation. D'où la nécessité de la prise en compte de la notion de connaissance comme un concept aussi important que l'information.

### **1.2.2 La conception de la firme comme processeur de connaissances**

Les approches de la firme fondées sur les connaissances appartiennent à deux principaux courants (Amesse, Avadikyan et Cohendet, 2006) : les approches de gestion stratégique (englobant la théorie fondée sur les ressources et la théorie des compétences de base) et l'approche évolutionniste. Cette nouvelle conception de la firme considère les compétences et le processus de création et de diffusion des connaissances comme centre d'analyse. Elle est focalisée sur les caractéristiques internes de

l'organisation [Nelson et Winter (1982), Teece (1988) et Prahalad et Hamel (1990)] et accorde une attention particulière aux compétences-clés (Penrose, 1959) de la firme, à ses aptitudes à faire des innovations en produits et en processus et à entrer sur de nouveaux marchés. Il s'agit d'une vision dynamique de la firme selon laquelle les capacités cognitives évoluent dans le temps. Elle suppose que les compétences des organisations et des individus à traiter les connaissances sont limitées.

A cet égard, les évolutionnistes utilisent la notion de routines pour montrer que les activités de la firme à un moment donné résultent de ses activités antérieures et qu'elle s'adapte aux mutations et à la complexité de son environnement grâce à ses compétences et ses capacités d'apprentissage. En effet, cette approche envisage les processus organisationnels comme un ensemble de routines (Nelson & Winter, 1982) constituant une forme de mémoire organisationnelle. Selon ces auteurs les "*organisations se souviennent en agissant*" et les routines "*constituent la plus importante forme de stockage des connaissances spécifiques opérationnelles des organisations*".

La survie et le maintien du bon fonctionnement de l'organisation dépendent donc *des séquences apprises d'actions configurées impliquant des acteurs multiples liés par des relations de communication et/ou d'autorité* (Grant, 1991). Deux conséquences résultent de cette constatation : premièrement la firme évolue selon un "itinéraire contraint" ('path dependency' (Dosi et al. 1994)) étant donné que les routines d'aujourd'hui déterminent les actions de demain. Deuxièmement, en cas de changement de l'environnement, la survie de la firme dépend de sa flexibilité et de sa capacité à modifier et innover ses routines : c'est le rôle des routines particulières que Nelson et Winter (1982) appellent *activités de recherche*. Les compétences de l'organisation (les routines) ne sont donc pas figées, mais elles résultent d'un apprentissage et d'un développement au cours du temps, et le changement organisationnel permet la

substitution d'une ou plusieurs routines par une autre afin de retrouver la situation d'équilibre.

### **1.3 L'approche par les compétences et notion d'apprentissage organisationnel**

Contrairement au schéma des forces concurrentielles de Porter (1980), la théorie de la firme basée sur les compétences est focalisée sur les caractéristiques internes des firmes. Les contributions à cette approche (Nelson et Winter, 1982 et Wernerfelt, 1984, Teece, 1988 et Prahalad et Hamel, 1990) ont été développées en parallèle avec la littérature relative aux coopérations inter-firmes. En effet, Il y a des convergences entre la théorie basée sur les compétences et les analyses de la coopération (Hamel, 1991, Mothe et Quelin, 1997).

Une attention particulière est accordée par ces études aux compétences internes à la firme, à ses aptitudes à faire des innovations en produits et en processus et à entrer sur de nouveaux marchés. Les *compétences-clés* distinguent une firme d'une autre et sont la source de l'avantage concurrentiel (Barney, 1991 ; Leonard-Barton, 1992 ; Amit et Schoemaker, 1993). Ces compétences-clés sont difficiles à imiter par les concurrents parce qu'elles sont spécifiques, tacites, intangibles, accumulées dans le temps, durables et rares.

Cependant, le processus de création et de développement des nouvelles compétences n'a pas encore été analysé de manière assez approfondie par la théorie basée sur les compétences.

Les compétences ou les routines organisationnelles englobent l'ensemble des connais-

sances opérationnelles engendrées par l'apprentissage. Ces compétences reflètent la capacité de l'entreprise à déployer les ressources pour atteindre un objectif voulu, habituellement sous forme de combinaison faisant appel à des processus organisationnels, ou pour reprendre la définition de Grant (1991) : « *La compétence organisationnelle est essentiellement une intégration de savoirs spécialisés afin de réaliser une tâche productive discrète.* ».

La distinction entre compétences technologiques et compétences organisationnelles est très utile (Dosi & Teece, 1998, Coriat & Weinstein, 2002). *Les compétences technologiques* regroupent les connaissances scientifiques et technologiques à des questions sur “ *la structure de la nature*” et des routines indiquant “ *comment la manipuler*”. Cependant, *les compétences organisationnelles* sont les connaissances et les routines relatives à la gestion de la coordination et des interactions sociales internes et avec les partenaires externes de l'organisation (clients, fournisseurs, etc. . .), c.-à-d “ *Comment manipuler des personnes*”.

On peut alors définir *l'apprentissage comme le processus par lequel la répétition et l'expérimentation améliorent la réalisation rapide et efficace des tâches*. La perception traditionnelle de l'apprentissage le considère comme un résultat issu de la scolarisation et rarement comme processus diffus, dynamique et multiforme. De plus, il est analysé uniquement comme levier d'amélioration de la productivité et de minimisation des charges salariales (Malerba 1992 ; Freeman 1994 ; Edquist et al 1997). De plus en plus de recherches tentent de montrer que l'apprentissage est désormais un processus dynamique, multiforme et très exigeant en coordination et en interaction sociale [Lundvall 1997 ; Lundvall et Johnson 1994 ; Cohen 1995 ; Lamari et al., 2001 ; Galia et Legros, 2005].

Ces travaux ont mentionné plusieurs stratégies d'apprentissage dont les plus ana-

lysées sont celles qui ont trait à l'apprentissage par la recherche (*learning by searching*), à l'apprentissage par la pratique (*learning by doing*), à l'apprentissage par l'utilisation des technologies de pointe (*learning by using*), à l'apprentissage par l'interaction (*learning by interacting*), à l'apprentissage par les externalités industrielles (*learning from industry spillovers*) et à l'apprentissage par les externalités régionales (*learning region*).

Ainsi, si l'existence de la firme réside dans sa capacité à surmonter les limites de la rationalité de ses membres (Dosi & al, 1994), son mécanisme principal est alors l'intégration des savoirs fragmentés des individus. Cette intégration conduit à concevoir la firme comme un ensemble de compétences organisées en une structure (Quélin, 1996) ou une architecture (Grant, 1991). Quélin distingue trois niveaux d'intégration : un niveau élémentaire, qui comprend les compétences directement liées aux activités opérationnelles de la firme (ex : savoir-faire de production), un niveau intermédiaire où les compétences spécialisées sont agrégées dans des compétences fonctionnelles (ex : marketing) et un niveau supérieur, où résident les compétences impliquant une large intégration intra- ou inter- fonctionnelle (ex : gestion de la qualité, service client) et les compétences générales qui influencent la totalité de l'organisation (ex : processus de coordination, de décision).

Ainsi, la création et la diffusion des connaissances nécessitent des modalités de coordination qui renvoient aux capacités de leur acquisition et leur utilisation. D'où l'utilité d'étudier les relations de complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles des entreprises.

## 1.4 Les concepts de supermodularité et de complémentarité et leur apport à l'étude des stratégies d'innovation

Les travaux précurseurs en supermodularité et en complémentarité stratégique trouvent leurs origines en mathématique appliquée et en recherche opérationnelle. Leur application et les résultats qui leur sont attachés restent désormais relativement récents pour l'étude des phénomènes économiques et notamment pour l'étude de l'activité d'innovation.

### 1.4.1 Les notions de supermodularité et de complémentarité

La théorie de base était développée par Topkis (1968, 1978) puis appliquée à l'économie par Vives (1985,1990) et Milgrom et Roberts (1990, 1995).

Le travail précurseur de Topkis a pour objectif d'étudier la maximisation d'une "fonction supermodulaire" ainsi que ses implications en termes de " statique comparative monotone ". Cette fonction est définie sur un ensemble appelé " treillis ”.

**Définition 1** : Un treillis est un ensemble partiellement ordonné, où pour deux éléments quelconques  $a$  et  $b$ , les valeurs  $\inf(a, b)$  et  $\sup(a, b)$  sont des éléments de cet ensemble.

Le cadre d'analyse approprié pour traiter la complémentarité des situations stratégiques est la théorie des statiques comparatives monotones et des jeux supermodulaires (Vives, 2005). Ainsi, le centre d'analyse de cette approche consiste à étudier les conditions sous lesquelles les solutions optimales des problèmes d'optimisation changent d'une façon monotone avec les paramètres. Elle se base sur les jeux de complémentarité stratégique où l'utilité marginale que retire chaque joueur de sa propre stratégie croît avec le niveau des stratégies adoptées par les autres joueurs.

Deux ou plusieurs variables sont appelées complémentaire à la Edgeworth si une valeur supérieure de n'importe quelle variable augmente les rendements marginaux engendrés par l'augmentation des valeurs des autres variables. Autrement dit : l'effet marginale d'une action ou d'une variable augmente avec le niveau d'une autre action ou variable (Vives, 2005).

En langage mathématique, deux éléments sont complémentaires dans la fonction objectif si et seulement si ils satisfont aux restrictions de supermodularité (une augmentation conjointe des deux valeurs à la fois a un rendement plus important que leur augmentation séparée).

Dans le cas où les variables sont continues, leur relation de complémentarité est définie comme suit (Baumol et al, 1982) :

**Définition 2** :(Cas de variables continues)

Deux stratégies  $x_i$  et  $x_j$  sont considérées comme complémentaires à la fonction  $f$  si et seulement si :

$$\partial^2 f / \partial x_i \partial x_j \geq 0 \tag{1}$$

pour toutes les valeurs de  $(x_1, \dots, x_n)$  avec une inégalité stricte pour au moins une valeur.

Deux stratégies  $x_i$  et  $x_j$  sont considérées comme substituables à la fonction  $f$  si et seulement si :

$$\partial^2 f / \partial x_i \partial x_j \leq 0 \tag{2}$$

pour toutes les valeurs de  $(x_1, \dots, x_n)$  avec une inégalité stricte pour au moins une valeur.

Preuve : Les différences croissantes impliquent que pour tout  $b > a$ ,  $F(., b) - F(., a)$  est une fonction croissante.

Dans le cas des variables discrètes (les variables dichotomiques indiquant si la stratégie est utilisée ou non est un cas particulier des variables discrètes), la complémentarité est définie de la manière suivante :

**Définition 3** (Cas de variables discrètes) Deux stratégies  $x_1$  et  $x_2$  sont considérés comme complémentaires à la fonction  $f$  si et seulement si :

$$f(x_1 + 1, x_2 + 1, \dots, x_n) - f(x_1, x_2 + 1, \dots, x_n) \geq f(x_1 + 1, x_2, \dots, x_n) - f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3)$$

Pour toutes les valeurs de  $(x_1, \dots, x_n)$  avec une inégalité stricte pour au moins une valeur.

Dans le cas où toutes les combinaisons bilatérales des pratiques satisfont les conditions de complémentarité, la fonction objectif est appelée strictement supermodulaire.

**Définition 4** : Soit une fonction objectif  $f$  à valeurs réelles définie sur un treillis  $X$ ,  $f$  est dite supermodulaire et ses arguments sont complémentaires si et seulement si pour tout  $x, y$  dans  $X$ ,

$$f(x) - f(x \cap y) \leq f(x \cup y) - f(y) \quad (4)$$

Cette définition implique qu'une fonction est supermodulaire dans le cas où la somme



des changements dans la fonction quand quelques éléments augmentent séparément est inférieure au changement résultant d'une augmentation des éléments conjointement (Milgrom et Roberts, 1990). Pour l'étude des fonctions de productivité, cela implique que l'augmentation d'un ou de plusieurs inputs renforce le rendement marginal d'autres variables.

Cette relation doit être vérifiée pour chaque couple de stratégies ou de variables. En effet, la supermodularité d'une fonction à  $n$  variables revient à vérifier que la fonction présente des différences croissantes ou qu'elle est supermodulaire pour chaque paire de variables (Amir, 2005). Cette condition revient à vérifier la complémentarité pour toutes les combinaisons possibles de stratégies indépendamment des autres stratégies ou variables.

Ainsi, il serait plus rentable dans ce cas de procéder à un changement radical pour modifier toutes les stratégies complémentaires simultanément. Ces résultats issus des techniques mathématiques d'optimisation combinatoires et n'exigeant que la continuité de la fonction objectif<sup>1</sup>, ont suscité un intérêt de plus en plus ascendant auprès des économistes qui les ont exploités pour l'étude de la sensibilité des variables endogènes suite aux changements des variables exogènes stratégiques.

En effet, Selon Samuelson (1974) : *“the time is ripe for a fresh modern look at the concept of complementarity, . . . , the last word has not yet been said on this ancient preoccupation of literary and mathematical economists”*. Dans le cadre de ce travail nous allons exploiter ces conditions de complémentarité pour l'étude de la sensibilité

---

1. Le théorème de monotonie de Topkis considéré comme la base de la théorie de complémentarité et donnant lieu à la définition de la supermodularité n'exige que la continuité de la fonction objectif. Ce théorème vient remédier aux limites du théorème de la fonction implicite traditionnellement utilisé en économie et qui a été largement critiqué à cause de ses hypothèses jugées nombreuses et difficiles à vérifier (unicité de la solution optimale, concavité et dérivabilité de la fonction objectif, applicable que pour les variables continues).

de la fonction d'innovation et pour montrer la complémentarité entre les innovations technologiques et non technologiques.

### **1.4.2 La complémentarité des stratégies d'innovation**

Le travail pionnier en économie de Milgrom et Roberts (1990,1995) leur a permis de montrer qu'en présence de complémentarité l'adoption d'une stratégie sera plus rentable si les autres pratiques sont adoptées simultanément. Ils ont appliqué leur étude sur un ensemble de variables de décision telles que la flexibilité de production, l'innovation, la gestion des compétences, la formation et le système d'incitation. Leurs résultats ont engendré une importante littérature exploitant les conditions de complémentarité sur les différentes branches de l'économie.

A titre d'exemples ces recherches se sont intéressés à l'étude des relations de complémentarité entre les pratiques de gestion des ressources humaines et la stratégie de l'entreprise (Ichniowski et al., 1997), la R & D interne et l'acquisition externe des technologie (Arora et Gambardella, 1994), les différentes politiques d'innovation du gouvernement (Mohnen et Roller, 2005), la technologie de l'information, la réorganisation du travail, et les innovations de produit et service (Bresnahan et al, 2002), ainsi que l'adoption de différentes technologies de l'information (Athey et Stern, 2002 ; Percival, 2008).

En effet, l'approche de complémentarité appelle à un changement radical étant donné que plusieurs éléments complémentaires doivent être changés à fin de maintenir l'ensemble optimal de stratégies d'équilibre (Baura et al, 1996). Cette conclusion a été soutenue aussi par Whittington et al (1999) qui ont fait une étude européenne sur l'innovation dans laquelle ils ont montré que le changement radical génère un bénéfice plus grand qu'un petit changement incrémental qui manque de coordination. D'autres travaux ont examiné le paradoxe de la productivité des technologies d'information. Ils ont montré que l'implémentation des nouvelles technologies aug-

mente la productivité mais la structure organisationnelle détermine la taille de ce rendement. Ce n'est pas le montant investis en technologie qui détermine son succès mais c'est l'adéquation avec les autres politiques stratégiques qui importe. L'accent est mis désormais sur la nécessité que les innovations technologiques soient accompagnées de changements organisationnels liés à une bonne gestion des connaissances pour qu'elles soient efficaces (Brynjofsson et Hitt, 2000 ; Bresnahan, Brynjofsson et Hitt, 2002 ; Greenan et Mairesse, 2004).

Mohnen et Roller (2005) ont étudié la supermodularité de la fonction d'innovation. Pour cela, ils ont montré la complémentarité entre quatre obstacles affectant la politique gouvernementale en matière d'innovation (manque de sources appropriés de financement, manque de personnel qualifié, manque d'opportunité de coopération et la la rigidité des lois, normes et taxation).

Ces travaux ont montré la nécessité de prendre en considération la complémentarité entre les compétences technologiques et l'architecture organisationnelle lors de l'étude de l'activité d'innovation.

## 1.5 Conclusions

Tout au long de ce chapitre nous avons présenté un panorama des études faites sur l'économie d'innovation. Cette revue de littérature a montré la richesse de cet axe de recherche ainsi que la rareté des travaux s'interrogeant sur le rôle de l'adoption des innovations organisationnelles sur la création et la diffusion des connaissances. Elle nous a permis également de souligner l'évolution de la conception de la firme comme processeur d'information vers la conception de la firme comme processeur de connaissances.

Dans une deuxième étape, nous avons exploré les théories de complémentarité

et de supermodularité (Topkis (1978), Vives (1990) et Milgrom et Roberts (1995)) traditionnellement utilisées en mathématiques et en optimisation combinatoire. Ensuite, nous avons montré l'apport de ces théories pour étudier la complémentarité entre les différentes stratégies d'innovation.

Dés lors, nous avons traité d'une part la complémentarité des compétences technologiques et organisationnelles pour l'activité d'innovation des entreprises. D'autre part, nous avons montré que la relation entre compétences et innovation est de nature simultanée et dynamique. L'activité de l'innovation est donc un processus cumulé dans le temps et déterminé par la manière dont l'entreprise gère ses compétences technologiques et organisationnelles (knowledge management) et par ses caractéristiques internes et externes. Néanmoins, ces résultats restent théoriques et nécessitent une validation sur des données réelles d'entreprises pour être approuvés ce qui fera l'objet des chapitres suivants.

Mais avant de passer à la validation empirique et après avoir fait un survol sur la littérature économique des capacités cognitives, il convient d'étudier le contexte de la recherche et de l'innovation en Europe et plus particulièrement en France ainsi que les différentes façades de l'innovation.

## CHAPITRE 2

# L'INNOVATION EN FRANCE : CONTEXTE, TYPOLOGIE ET ÉVOLUTION DES ENQUÊTES SUR L'INNOVATION

### 2.1 Introduction

Le renforcement de la recherche et des compétences pour innover sont devenus de plus en plus au cœur des politiques stratégiques gouvernementales. En effet, les critères tels que l'investissement en R&D, en mobilisation du capital humain ou en gestion des connaissances sont devenues des indicateurs de croissance et de développement des pays.

L'objectif de ce chapitre est de fournir un aperçu sur le contexte et les initiatives mises en oeuvre pour encourager l'innovation en Europe et particulièrement en France étant donné que notre étude empirique sera basée sur des données d'entreprises françaises.

Ainsi, nous allons d'abord positionner l'Union Européenne en matière de recherche et d'innovation par rapport à ses concurrents leaders mondiaux en innovation notamment les Etat Unis, le Japon et la Coré de Sud. Nous présenterons également les différentes mesures prises par l'Union Européenne pour réduire cet écart et qui se sont répercutées directement sur les initiatives de recherche et d'innovation de chaque

pays membre et notamment de la France. Notre étude comparative descriptive sera basée sur les indicateurs d'innovation synthétiques disponibles dans les rapports et les tableaux de bord annuels de l'Union Européenne.

Le reste du chapitre sera dédié à la présentation des différents aspects de l'innovation proposés dans la littérature et de l'évolution des données disponibles à son sujet en France (les enquêtes communautaires sur l'innovation).

## **2.2 Les politiques Européenne et Française en matière d'innovation**

Depuis les années 40, de plus en plus d'attention a été attribuée à l'économie de l'innovation et aux dispositifs devant être implantés par les pouvoirs publics en vue de renforcer la capacité d'innovation des entreprises.

### **2.2.1 Initiatives Européennes en recherche et innovation**

La recherche et l'innovation sont devenues au cœur des priorités de la stratégie de l'Union Européenne (UE) pour l'emploi et la croissance. Le Conseil européen de Lisbonne tenu en mars 2000 projetait de faire de l'UE "l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde"; le Conseil européen de Barcelone des 15 et 16 mars 2002 fixait l'objectif d'atteindre un niveau de dépenses en recherche et développement (R&D) représentant plus de 3% du PIB. Les Etats membres ont été encouragés à investir 3% de leur PIB dans la R&D d'ici 2020 (1% de financement public et 2% d'investissement du secteur privé) ce qui devrait permettre la création de 3,7 millions d'emploi et d'accroître le PIB annuel d'environ 800 milliards d'euros.

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, la politique européenne est focalisée sur « *le triangle de la connaissance* » : recherche, éducation et innovation. Ainsi, l'UE a

procédé à la création d'un espace européen de la recherche unique dont la principale mission est le renforcement de la coopération transfrontalière en matière de recherche.

L'ensemble des initiatives récentes de l'UE sont concrétisées dans le septième programme-cadre 2007-2013 (7<sup>e</sup> PC) disposant d'un budget de 50,5 milliard d'euros. Ce programme comporte quatre volets<sup>1</sup> disposant chacun d'un programme spécifique correspondant aux domaines principaux de la recherche de l'UE :

- **Coopération** : *recherche conjointe dans les domaines de la santé, de l'alimentation, de l'agriculture, de la pêche, de la biotechnologie, des technologies de l'information et de la communication, de l'énergie, de l'environnement (y compris le changement climatique), des transports (y compris l'aéronautique), des sciences économiques et sociales et des sciences humaines, de l'espace et de la sécurité. Ce volet inclut également les nanosciences, les nanotechnologies, les matériaux et les nouvelles technologies de production.*
  
- **Idées** : *création du Conseil européen de la recherche, qui finance la science exploratoire.*
  
- **Personnes** : *ressources humaines, y compris les bourses pour de jeunes chercheurs, les bourses pour la formation tout au long de la vie et le développement de la carrière, les partenariats entre les mondes économique et universitaire et les prix récompensant l'excellence.*
  
- **Capacités** : *financement des infrastructures de recherche, R&D dans les PME, connaissances et groupements scientifiques, et connaissances scientifiques générales.*

---

1. Site de l'Union Européenne /Recherche et innovation : [http://europa.eu/pol/rd/index\\_fr.htm](http://europa.eu/pol/rd/index_fr.htm)

Le programme de financement de la recherche et de l'innovation de l'UE pour la période 2014-2020 s'appelle Horizon 2020. Les fonds (80,2 milliards d'euros pour toute la période) seront destinés aux établissements de recherche, aux universités, aux entreprises innovantes du secteur privé et aux PME. Tous les secteurs de l'économie européenne en profiteront : agriculture, pêche, alimentation, santé, transport, énergie et technologies d'information et de communication.

Ces différentes mesures de l'union européennes se sont répercutées directement sur les initiatives de recherche et d'innovation de chaque pays membre et notamment de la France.

Le tableau de bord de l'union de l'innovation est un outil d'évaluation comparative des performances des 27 Etats membres de l'UE et avec leurs principaux concurrents, en matière d'innovation. Son but est de faciliter la mise en œuvre de l'initiative phare Europe 2020 " une union de l'innovation ". L'évaluation annuelle des forces et faiblesses de chaque pays membre est basée sur un ensemble de 25 indicateurs reflétant les performances des systèmes nationaux de recherche et d'innovation<sup>2</sup>.

---

**2. Ressources humaines** (Nouveaux titulaires de doctorats par tranche de mille habitants âgés de 25 à 34 ans ; Pourcentage de la population âgée de 30 à 34 ans ayant achevé un cursus universitaire ; Pourcentage de jeunes âgés de 20 à 24 ans ayant achevé au minimum un cursus de l'enseignement secondaire supérieur).

**Systèmes de recherche ouverts, excellents et attractifs** (Copublications scientifiques internationales par million d'habitants ; Publications scientifiques figurant parmi les 10% de publications les plus citées au niveau mondial, en pourcentage du total de publications scientifiques du pays ; Titulaires de doctorats issus de pays tiers<sup>32</sup> par million d'habitants)

**Financements et aides** (Dépenses publiques de R&D en pourcentage du PIB ; Investissements de capital-risque en pourcentage du PIB) Investissements des entreprises (Dépenses privées de R&D en pourcentage du PIB ; Dépenses d'innovation autres que de R&D en pourcentage du chiffre d'affaires)

**Collaborations et entrepreneuriat** (SME faisant de l'innovation en interne en pourcentage du total des PME ; PME novatrices collaborant avec d'autres en pourcentage du total des PME ; Copublications public-privé par million d'habitants)

**Actifs intellectuels** (Demandes de brevets PCT par milliard d'EUR de PIB ; Demandes de brevets PCT concernant des défis sociétaux ; Marques communautaires par milliard d'EUR de PIB ; Dessins ou modèles communautaires par milliard d'euros de PIB)

**Résultats** (% de PME introduisant des innovations de produits et procédés ; % de PME introduisant des innovations de commercialisation ou d'organisation ; % d'Entreprises à forte croissance ;



Selon ce tableau de bord en 2011, tous les États membres ont enregistré une amélioration de leurs indicateurs d'innovation. Toutefois, ces progrès ne parviennent pas encore à combler l'écart de l'UE par rapport à ses concurrents, leaders mondiaux de l'innovation (les États Unis, le Japon et la Corée du Sud) surtout en ce qui concerne l'innovation dans le secteur privé. Une comparaison basée sur l'indicateur synthétique d'innovation (issu des 25 indicateurs de performance) montre bien ce retard illustré dans le graphique suivant :

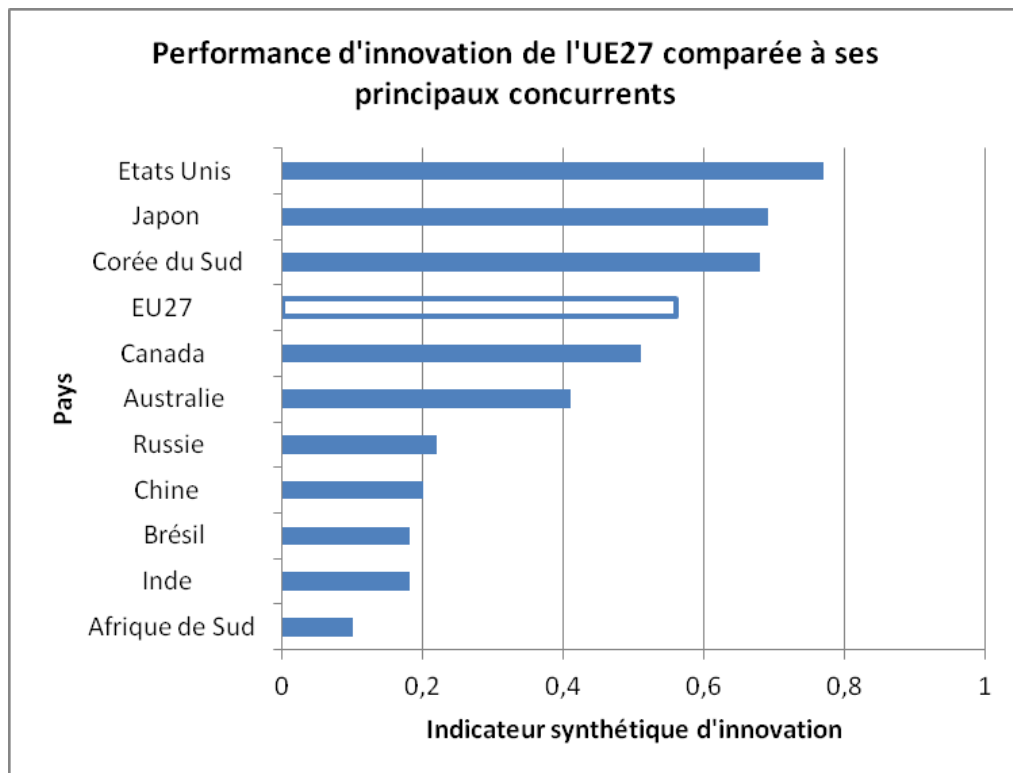


FIGURE 2.1 – Performance d'innovation

Au sein de l'UE, la comparaison de la performance des Etats membres basée sur % d'Emploi dans les activités à forte intensité de connaissance; % d'Exportations de produits manufacturés de moyenne et haute technologie; % d'Exportations de services à forte intensité de connaissance; % de Ventes d'innovations nouvelles pour le marché et pour l'entreprise; Recettes tirées de licences et brevets depuis l'étranger, en pourcentage du PIB).

l'indicateur synthétique d'innovation est donnée par le graphique suivant :

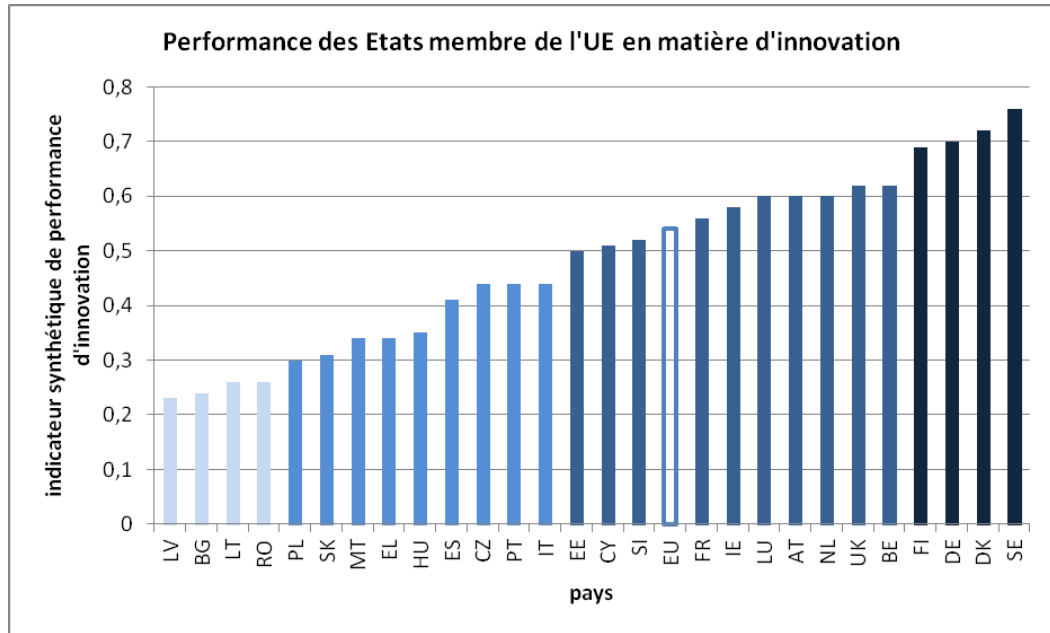


FIGURE 2.2 – Performance d'innovation des Etats de l'UE

Selon ce classement, la Suède vient en tête, suivie de près par le Danemark, l'Allemagne et la Finlande. Ainsi, le tableau de bord de l'Union de l'innovation 2011 classe les États membres en quatre groupes de pays :

- ***Les champions de l'innovation*** : la Suède, le Danemark, l'Allemagne et la Finlande
- ***Les suiveurs de l'innovation*** : la Belgique, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, l'Autriche, le Luxembourg, l'Irlande, la France, la Slovénie, Chypre et l'Estonie, dont les résultats sont proches de la moyenne de l'UE-27
- ***Les innovateurs modérés*** : l'Italie, le Portugal, la République tchèque, l'Espagne, la Hongrie, la Grèce, Malte, la Slovaquie et la Pologne, dont les résultats sont inférieurs à la moyenne de l'UE-27
- ***Les innovateurs modestes*** : la Roumanie, la Lituanie, la Bulgarie et la

Lettonie, dont les résultats sont nettement inférieurs à la moyenne de l'UE-27. La France occupe la 11<sup>ème</sup> place de ce classement. Ses points forts en matière d'innovation sont : les ressources humaines et l'attractivité de son système de recherche. De ce fait plusieurs mesures ont été prises à fin de rattraper ce retard par rapport à ses voisins "champions de l'innovation".

### **2.2.2 La recherche et l'innovation en France**

Les commissions françaises du Commissariat Général au plan étaient incitées depuis 1945 par Jean Monnet à se focaliser plus sur la productivité du travail, à identifier les causes de son retard par rapport aux pays étrangers et à mettre en œuvre des mesures pour le rattraper (fonctions, mécanisme, réorganisation, R&D, décentralisation géographique...).

Le graphique suivant illustre bien l'ampleur du retard enregistré en France au cours des cinq dernières années par rapport aux leaders d'innovation européens :

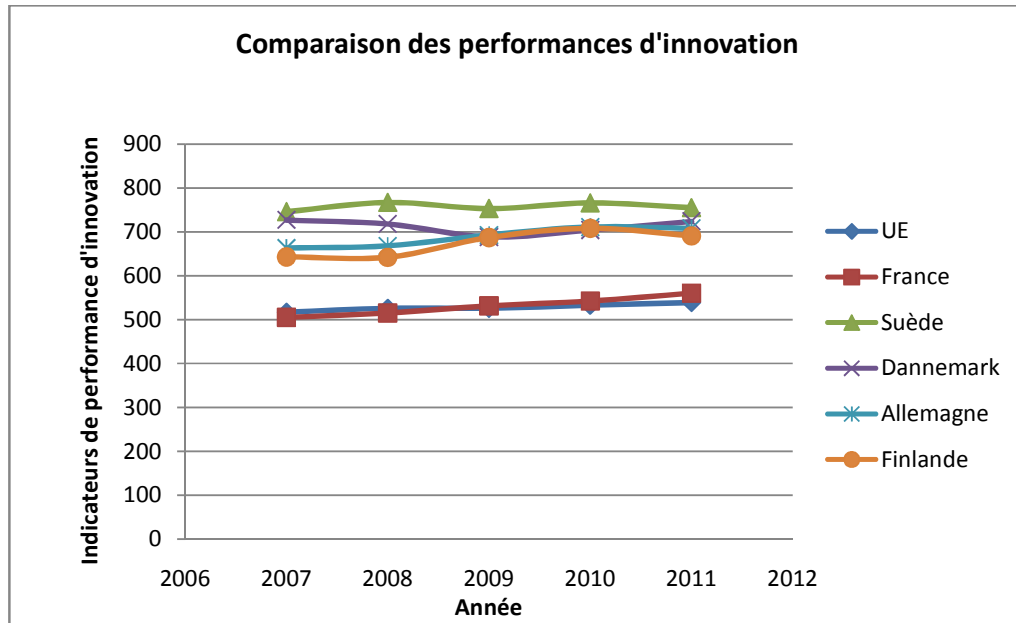


FIGURE 2.3 – Comparaison des performances d'innovation

Source : graphique effectué par les auteurs sur la base des données disponibles dans le tableau de bord d'innovation 2011

Dés lors pour rattraper ce retard, la France a procédé à une redéfinition des objectifs, outils et initiatives en matière de recherche et d'innovation. Une attention particulière a été accordée pour les secteurs à forte valeur ajoutée comme les technologies de l'information, les biotechnologies, les nanotechnologies, les technologies de l'environnement et l'énergie ou les matériaux de haute performance.

Ces constatations rejoignent les recommandations de Jean-Luis Beffa (2005) dans son rapport destiné au président de la république, à l'époque, Jacques Chirac et stipulant que « *L'effort de recherche et développement industriel de la France reste faible par rapport à celui de ses concurrents. Cette faiblesse n'est cependant pas liée à l'insuffisance de la R&D au sein de chaque entreprise. Elle tient à la trop grande spécialisation industrielle de la France dans des secteurs de faible technologie, qui sont davantage soumis aux nouvelles concurrence internationales* ».

De ce fait, le dispositif français de recherche et d'innovation a connu des réformes profondes : mise en cohérence des dispositifs existants, renforcement des partenariats publics et privés et optimisation de l'utilisation des ressources humaines et financières. L'objectif étant d'accroître la performance et la notoriété internationale de la recherche française.

Dans ce contexte, la compréhension de la nature des déterminants et des conséquences de l'effort privé d'innovation et de R&D et de l'effet des interventions publiques est une question d'importance. Le présent travail doctoral propose plusieurs contributions essentiellement empiriques sur ces aspects. Mais avant de procéder à l'investigation empirique, il est essentiel de connaître les différents aspects de l'innovation et la nature des données disponibles à son sujet notamment en France.

## **2.3 Définition et typologie des innovations**

Il est difficile de proposer une définition de l'innovation qui couvre tous les aspects présents dans la littérature. Le regroupement de plusieurs typologies et approches va nous permettre de dévoiler les différentes dimensions de l'innovation et leurs interactions.

Joseph Schumpeter, précurseur de l'économie de l'innovation, propose cette définition : “the mean of changes in the production fonction” (1939, p 84). Il considère l'innovation comme l'origine de la dynamique de changement dans l'économie fondée sur les connaissances. Elle se présente comme un déséquilibre perturbant un équilibre antérieur. Il parle ainsi de destruction créatrice. En effet, l'activité d'innovation fait

intervenir la majorité des fonctions de l'entreprise : service de production, département de R&D, de marketing, commercial, financier et de ressources humaines.

De ce fait l'innovation suppose une dynamique complexe d'interaction entre une multitude d'acteurs appartenant aux différentes unités de la firme, à diverses filiales ou entreprises ou autres organismes de recherche et d'enseignement publics et privés.

Dans l'approche schumpetérienne, l'innovation est considérée comme le *moment de la réalisation de nouvelles combinaisons. Elle est le produit de l'activité de l'inventeur entrepreneur ou du chercheur isolé dans son laboratoire.* L'entrepreneur jouerait dans cette optique un rôle central dans le progrès technique car il développe de nouvelles combinaisons donnant naissance à de nouveaux marchés dont il profite immédiatement. Le processus d'innovation est alors discontinu et se focalise sur les innovations majeures.

D'un autre côté, Schumpeter a mis en relief les changements et transformations des processus innovants internes de l'entreprise ou *boite noire* qui résultent des processus innovants.

Cette conception large englobe aussi bien les innovations techniques qu'organisationnelles. Elle peut regrouper cinq alternatives différentes : la production d'un produit nouveau, l'introduction d'une méthode de production nouvelle, l'ouverture d'un débouché nouveau, la conquête d'une nouvelle source de matières premières et la réalisation d'une nouvelle organisation.

Ainsi, nous pouvons distinguer plusieurs types d'innovations : selon leur nature (produit ou procédé) et leur importance (radicale ou imitative). Une innovation en produit peut concerner soit la production d'un produit entièrement nouveau soit

l'amélioration significative de la qualité d'un produit existant. Quant à l'innovation en procédé, elle consiste à l'innovation ou l'amélioration des méthodes de production dans un but de réduction des coûts de production unitaires. Or la production d'un produit nouveau peut obliger l'entreprise à réviser ou complètement modifier les méthodes de production existantes, l'innovation en produit et en procédé se font souvent d'une manière simultanée.

En fait, plusieurs auteurs ont montré que la conception de l'innovation a enregistré une évolution remarquable dernièrement [Landry et al. (1999) pour une synthèse]. Auparavant, selon la vision schumpetérienne, l'innovation était considérée comme le produit de *l'activité de l'inventeur entrepreneur ou du chercheur isolé dans son laboratoire. Aujourd'hui, elle est plutôt considérée comme le résultat d'un processus dont le succès dépend de l'interaction et de l'échange de savoir entre une grande diversité d'acteurs largement interdépendants* (Edquist et Hommen, 1997; Landry et al, 1999). En effet, surtout avec l'émergence du secteur des services, l'innovation ne se limite plus à l'innovation des méthodes de production mais également à l'innovation des pratiques organisationnelles favorisant le travail d'équipe et l'implication de tous les partenaires internes et externes de l'entreprise.

Les innovations organisationnelles englobent les innovations tenant à la structure de l'entreprise, à l'organisation du travail, à la gestion des connaissances et aux relations avec des partenaires extérieurs (sous-traitance, externalisation, partenariats liés à la production de services, aux approvisionnements ou aux activités de support). Ces changements sont considérés comme des innovations d'organisation, lorsqu'elles correspondent à des nouveautés ou modifications significatives. Elles doivent résulter de décisions stratégiques prises par la direction. Les fusions ou acquisitions sont exclues, même si ces opérations affectent l'entreprise pour la première fois.

La gestion des connaissances est définie comme tous les processus ou pratiques d'organisation liés à la saisie, au partage et à l'utilisation des connaissances. Cette gestion des connaissances peut être tournée vers l'organisation interne de l'entreprise (circulation des informations entre les services, reconnaissance des compétences existantes...) ou vers l'acquisition ou l'assimilation des savoirs extérieurs à l'entreprise. Elle peut être mise en œuvre pour obtenir une certification de la production (ISO ou autres normes), pour tirer partie de coopérations (scientifiques, commerciales...) ou de contacts avec les clients ou fournisseurs (faire parvenir les remarques, opportunités...). Cette pratique est généralement accompagnée de l'utilisation d'outils spécifiques de gestion de l'information.

Dernièrement, les études sur l'innovation ont introduit également les innovations en marketing. Ce type correspond à la mise en œuvre de concepts, de méthodes ou de stratégies de vente nouveaux ou modifiés de manière significative afin d'améliorer les qualités présentation des produits ou pour entrer des nouveaux marchés. Les changements d'emballage (packaging, présentation) ou de design, lorsqu'ils ont un impact significatif, constituent en eux-mêmes des innovations de marketing. Ce type d'innovation englobe aussi les opérations de fidélisation de la clientèle par une offre différenciée, des innovations de canal de distribution (franchisage, promotion par internet, etc.) visant à accroître le volume des ventes par le positionnement (présentation, réputation) des produits. Il faut distinguer innovations en marketing des innovations de procédés liées à la distribution (logistique, méthodes de livraison) visant la réduction des coûts ou des délais.



## 2.4 Evolution des enquêtes et des études sur l'innovation

De plus en plus de pays développés et en développement sont entrain de lancer des enquêtes communautaires sur l'innovation (Community Innovation Survey ou CIS) en vue d'étudier le processus d'innovation des entreprises. Ces enquêtes conçues initialement selon les instructions du manuel de Frascati qui restreint l'étude de l'activité d'innovation à l'analyse de la relation entre les investissements en R&D et les brevets. Ainsi, de plus en plus d'informations qualitatives sont intégrées dans ces enquêtes visant à décrire les différentes façades et activités de l'innovation.

Cependant, l'utilisation de ces données nécessite une grande vigilance pour résoudre les problèmes méthodologiques qui peuvent affecter leur exploitation statistique et économétrique. Ainsi, les travaux récents se sont focalisés sur l'utilisation de nouvelles techniques économétriques permettant de pallier aux problèmes adjacents à la nature de ces données (problème de sélection, d'endogénéité, dynamique,...). De plus en plus d'études sont orientées vers l'analyse approfondie des mécanismes microéconomiques des fonctions de production de l'innovation et des connaissances et l'intégration de nouveaux inputs et outputs d'innovation. Ces études prennent en compte d'autres types d'innovation notamment les innovations organisationnelles et en marketing en plus des innovations en produits et en procédés et de leurs effets sur la productivité. L'évolution de ces données est marquée aussi par l'élargissement des champs sectoriels et territoriaux couverts ce qui a permis des études comparatives, de nouvelles méthodes d'économétrie de l'innovation, l'étude des complémentarités entre les différents types et ressources d'innovation, de l'effet des moyens de protection de la propriété intellectuelle, des modes de financement, des sources d'information, de la coopération technologique.etc.

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous allons exploiter la quatrième vague de l'enquête communautaire sur l'innovation en France en vue d'étudier le mécanisme d'innovation des entreprises industrielles françaises. L'utilisation de cette vague nous permettra la prise en considération de l'évolution de la conception de l'innovation et de l'apparition de nouveaux inputs et outputs.

## 2.5 Conclusions

Tout au long de ce chapitre nous avons procuré une description du contexte et de l'environnement de l'innovation afin de mieux comprendre le cadre de nos contributions empiriques. Ainsi, nous avons commencé par une étude comparative basée sur les indicateurs synthétiques de l'innovation pour positionner l'Union Européenne et en particulier la France par rapport à leurs concurrents leaders internationaux en innovation.

Il s'est avéré que la France occupe la 11<sup>me</sup> place de ce classement. De ce fait plusieurs mesures ont été prises à fin de rattraper ce retard par rapport à ses voisins (mise en cohérence des dispositifs existants, renforcement des partenariats publics et privés, optimisation de l'utilisation des ressources en se focalisant sur les secteurs à forte valeur ajoutée).

Ensuite nous avons présenté les différents aspects de l'innovation et la nature des données disponibles à son sujet notamment en France. Nous avons souligné l'évolution de la conception de l'innovation et l'apparition de nouveaux inputs et outputs devant être pris en considération lors de l'étude des déterminants et des implications de l'activité d'innovation.

Tous ces concepts et avancés théoriques appellent une validation empirique qui va faire l'objet des chapitres suivants et nous permettant de tester nos hypothèses

de recherche et de répondre à notre problématique.

En effet, Ces contributions empiriques ont pour finalité de procurer grâce à une étude économétrique sur des données d'entreprises françaises les réponses aux questions suivantes :

Quel est le rôle joué par l'adoption des innovations organisationnelles et plus précisément des pratiques de management des connaissances sur l'innovation en produit et en procédé ? Y a-t-il une complémentarité entre l'impact des compétences organisationnelles et technologiques en matière de création des connaissances et de stimulation de l'innovation ? Comment mesurer le rendement des différents types d'innovation sachant leur interdépendance ? Dans quelle mesure les compétences pour innover s'accumulent dans le temps et comment expliquer la dynamique d'innovation ?

## CHAPITRE 3

# LA COMPLÉMENTARITÉ ENTRE LES CHANGEMENTS ORGANISATIONNELS, L'ACTIVITÉ DE R&D ET LA COOPÉRATION TECHNOLOGIQUE DANS L'INDUSTRIE FRANÇAISE

### 3.1 Introduction

La phrase célèbre de Solow “We see computers everywhere but in the productivity statistics” a engendré de nombreux travaux de recherche liés à l’effet qu’exerce le progrès technologique sur la productivité et la performance des entreprises en général. Certains d’entre eux ont mis l’accent sur la nécessité que les innovations technologiques, pour être efficaces, soient accompagnées de changements organisationnels (Brynjolfsson et Hitt, 2000 ; Bresnahan, Brynjolfsson et Hitt, 2002 ; Greenan et Mairesse, 2004 ; Galia et Legros, 2005 ; Mohnen et Roller, 2005). Ces travaux mettent en évidence la complémentarité entre les compétences technologiques et l’architecture organisationnelle lors de l’étude de l’activité d’innovation en plus des déterminants liés aux caractéristiques des entreprises (taille, niveau d’exportation, investissement en R&D, utilisation des technologies avancées) ou aux caractéristiques de son environnement (intensité de la compétition, contexte régional) (Lundvall, 1997 ; Baldwin et al, 2000 ; Crépon, Duguet et Mairesse, 2000).

Toutefois, très peu de travaux empiriques ont été réalisés pour déterminer l'effet de l'adoption des nouvelles structures organisationnelles sur le renforcement de la capacité d'innovation des entreprises. Ce chapitre s'inscrit dans ce champ de recherche en s'interrogeant plus précisément sur les déterminants de l'activité d'innovation tout en mettant en évidence l'importance et la complémentarité de l'impact des compétences organisationnelles et technologiques en matière de création de connaissances et de stimulation de l'innovation en produits et en procédés. Pour cela, nous présentons en premier lieu une revue de la littérature portant sur les sources de création et de diffusion des compétences pour innover. En deuxième lieu, nous étudions les relations d'interdépendance et de complémentarité entre les changements organisationnels et le management des connaissances d'une part et l'activité de R&D et la coopération technologique d'autre part.

### **3.2 Les déterminants de l'innovation : une approche par les compétences**

Quoique la littérature portant sur l'innovation soit très abondante, l'étude des facteurs qui déterminent le processus de création et de diffusion des compétences pour innover demeure encore une question ouverte. Dans cette section, nous présentons les travaux existants qui étudient l'impact des caractéristiques internes et externes de l'entreprise, les effets de l'introduction de nouvelles pratiques organisationnelles et de systèmes de gestion des connaissances, et les conséquences de la coopération et de la R&D sur le développement des compétences pour innover.

### **3.2.1 Effets des caractéristiques internes et externes de l'entreprise**

Un grand nombre de travaux ont confirmé l'hypothèse de Schumpeter stipulant que les grandes entreprises ou les industries où la concurrence est moins vive sont plus propices à l'innovation (Baldwin et al., 2000 ; Crépon, Duguet et Mairesse, 1998, 2000). Selon ces études, les caractéristiques de l'entreprise telles que sa taille, son appartenance à un groupe ou son secteur d'activité déterminent son intensité d'innovation. A ces déterminants, s'ajoutent d'autres déterminants propres à l'environnement de l'entreprise. Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000) ont repris la distinction entre l'impulsion par le marché (demand pull) et la poussée de la technologie (technology push) pour classer les caractéristiques externes de la firme influençant simultanément l'innovation. Selon la première conception, les besoins des consommateurs sont à l'origine du développement de nouveaux produits et procédés. Les services liés à la clientèle et la croissance anticipée du marché stimuleraient alors l'innovation. D'après la seconde, la dynamique propre de technologie inciterait à développer de nouveaux produits. L'engagement dans une activité d'innovation peut ainsi être déterminé par les conditions de la demande et les caractéristiques de la technologie propres à l'activité de l'entreprise. En plus de ces caractéristiques internes et externes, d'autres facteurs favorisent le lancement de l'entreprise dans une activité d'innovation.

### **3.2.2 Les coopérations inter-entreprises comme sources d'internalisation des compétences pour innover**

Plusieurs auteurs ont montré que le facteur de motivation le plus cité par les firmes lors de l'engagement dans une relation de coopération est l'acquisition ou la création des ressources nouvelles (Hamel, 1991 ; Quélin, 1996). D'autres travaux ont précisé que l'engagement des entreprises dans une relation de coopération est lié à

trois attributs : la combinaison et la complémentarité des compétences tacites (Segretin, 2003), leur acquisition et leur échange sans engagement irréversible (Karray, 2003 ; Segretin, 2003) et la création de la valeur par l'augmentation de la flexibilité de la firme face aux mutations de son environnement (Doz, 1992).

Malgré l'abondance des études faites sur les coopérations inter-firmes, la littérature analysant l'interaction entre les compétences spécifiques de chacun des partenaires et les changements organisationnels opérés afin de créer de nouvelles ressources et compétences reste encore très restreinte. Cependant, la réussite et la fructification des relations de coopération surtout en R&D sont conditionnées par l'identification des types de compétences créés en commun et des formes organisationnelles les plus adaptées au développement des nouvelles compétences (Mothe et Quelin, 1997). Ainsi, la coopération inter-firmes est vue comme un moyen d'acquérir et internaliser les ressources ou compétences d'entreprises partenaires. Il peut s'agir d'une mise en commun de connaissances et d'informations complémentaires ou du développement d'un processus d'apprentissage (Hamel et Prahalad, 1994). Ces relations permettent ainsi la stimulation de l'apprentissage d'une entreprise et de son innovation (Cohen et Levinthal, 1990 ; Karray, 2003) grâce à sa « capacité d'absorption ». Ainsi, l'engagement de l'entreprise dans une relation de coopération augmente ses compétences pour innover.

En complément de la coopération, le lancement de l'entreprise dans des activités de R&D est cité dans la majorité des travaux empiriques comme une source très importante de développement des compétences technologiques.

### 3.2.3 Effet des activités de recherche et développement

Les activités de recherche et développement (R&D) sont présentées dans la littérature comme les déterminants les plus traditionnels de la capacité innovatrice des entreprises (pour une synthèse, confère Mairesse et Hall (1996)). En effet, les investissements en R&D constituent le principal mécanisme de développement des compétences technologiques (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998 ; 2000). Ces compétences reposent sur un processus d'apprentissage fondé sur les ressources techniques et l'effort des unités de recherche de la firme. Ainsi les compétences n'ont pas seulement une dimension cognitive, elles ont également une dimension technologique. Padmore et Gibson (1998) insistent sur l'importance des compétences technologiques issues des activités de R&D (par rapport aux compétences organisationnelles) dans l'explication de la capacité innovatrice de la firme.

De leur côté, Amara, Lamari & Landry (2001) ont montré que les entreprises pratiquant une activité de R&D ont plus de chance que les autres entreprises d'innover en produit et en procédé. Ainsi, ils concluent que l'apprentissage par la R&D intra-muros a un considérable impact sur l'innovation. En effet, l'effort interne entrepris par les équipes de R&D a pour objectif de traiter et d'aboutir à des réactions appropriées à deux types d'informations. Le premier type regroupe les informations technologiques que l'entreprise peut acquérir de son environnement, grâce à l'acquisition de nouveaux équipements et de nouvelles technologies d'information et de communication. L'effort des équipes de R&D consiste dans ce cas à transformer ces informations en de nouvelles connaissances dont la diffusion au sein de l'entreprise se traduit par de nouvelles compétences technologiques stimulant sa capacité d'innovation. Le deuxième type d'informations est lié aux différents problèmes que peut rencontrer l'entreprise tels que les défaillances techniques des méthodes de production, le besoin d'une stratégie de différenciation pour affronter la concurrence, etc.



L'effort des équipes consiste alors à trouver des remèdes à ces problèmes et ces solutions sont de nature à engendrer l'innovation en produit et en procédé. De ce fait, les activités et les investissements en R&D agissent significativement et positivement sur l'innovation.

En plus de ces déterminants traditionnels, de nouvelles études ont montré l'importance du rôle des nouvelles pratiques organisationnelles et des systèmes de gestion des connaissances.

### **3.2.4 Les changements organisationnels et les systèmes de gestion des connaissances**

On assiste à une adoption accrue de nouvelles pratiques organisationnelles par les entreprises telle que les systèmes de gestion de la chaîne d'approvisionnement, le business re-engineering, la production sur commande, les systèmes de gestion de la qualité, les systèmes de formation, etc. Ces changements organisationnels impliquent en premier lieu de nouveaux systèmes de gestion de connaissances permettant l'amélioration de l'utilisation ou de l'échange de l'information, du savoir ou des compétences au sein de l'entreprise, ou le collecte et le traitement de l'information obtenue à l'extérieur. Ils appellent, en deuxième lieu, une nouvelle répartition des responsabilités et du pouvoir de décision parmi les salariés favorisant ainsi le travail d'équipe, la décentralisation, l'intégration ou autonomisation de différents services de l'entreprise, etc.

De fait, la modernisation de l'architecture organisationnelle agit sur les compétences de l'entreprise à travers l'application d'un ensemble de bonnes méthodes de résolution de problèmes et de techniques qui exigent la coopération active et l'interaction entre tous les partenaires internes et externes de l'organisation. Dès lors, les

changements organisationnels peuvent s'appliquer à toutes les phases d'un processus ou du cycle de vie d'un produit ou service et s'étendre à toutes les parties d'un 'organisme'. L'adoption de ces pratiques par une organisation stimule la créativité individuelle en lui fournissant le contexte pour créer et échanger des connaissances. Or, le savoir organisationnel est envisagé comme une amplification du savoir individuel, la mise en place d'un tel système est présentée alors comme un facteur accélérant et améliorant la création de connaissances dans une firme. Dans ce cadre, à titre d'exemple, Winter (1995) considère la mise en place d'un système qualité comme une innovation organisationnelle qui permet d'assembler et d'utiliser un savoir organisationnel fragmenté. Ainsi, plusieurs auteurs ont démontré que les services du génie et de la production constituent des sources d'innovations aussi importantes que les activités de R&D considérées pendant longtemps comme les seuls déterminants de l'innovation (Dosi & Teece, 1998 ; Coriat et Weinstein, 2002). La gestion de l'innovation devient donc un élément essentiel du système global de gestion, particulièrement pour les firmes basées sur les technologies (Galia et Legros, 2005 ; Mohnen et Roller, 2005). Ce concept regroupe une variété d'éléments tels que la gestion de la propriété intellectuelle, les supports à la formation, la gestion du changement et surtout la gestion des connaissances (Knowledge management). D'où l'importance de l'effet de l'adoption des nouvelles pratiques organisationnelles et des systèmes de gestion des connaissances sur le développement des compétences pour innover.

Ainsi, en nous basant sur les travaux empiriques antérieurs, nous avons pu construire nos hypothèses de recherche concernant les différents facteurs contribuant à la création et au développement des compétences pour innover en produit et en procédé. Or les connaissances nécessitent des modalités de coordination qui renvoient à la capacité de leur acquisition et leur utilisation. D'où la nécessité d'étudier les interdépendances entre les compétences technologiques et organisationnelles des entreprises.

### **3.2.5 Complémentarité entre les compétences technologiques et les changements organisationnels**

Partant du fait que les phases d'invention, d'innovation et de diffusion sont fortement inter-reliées et doivent être analysées dans leurs dynamiques, les auteurs évolutionnistes considèrent l'innovation comme un processus complexe exigeant l'interaction et l'échange de compétences entre tous les partenaires internes et externes à l'organisation. Cette théorie défend donc l'idée selon laquelle l'innovation est le résultat d'un phénomène de couplage entre technique et marché (Freeman, 1974) opérant d'une manière interactive (Mowery et Rosenberg, 1989 ; Dosi & Teece, 1998). Considérée comme processus, l'innovation ne peut alors pas être portée par le seul entrepreneur schumpetérien (Mustar, 1994). Elle est davantage produite par des collectifs qui capitalisent le travail d'une myriade d'autres collectifs (Callon, 1994). Ces travaux ont, en outre, démontré que les activités d'innovation se développent progressivement car elles nécessitent une lente accumulation de connaissances, un long travail de recherche afin d'étudier la faisabilité technique et un grand effort d'adaptation aux changements de l'environnement.

Ainsi, en plus de son capital de connaissances technologiques existant, la capacité d'innovation de l'entreprise est favorisée par le travail d'accumulation de nouvelles compétences grâce au phénomène d'apprentissage. La production de nouveaux produits requiert de la part des entreprises innovantes la préparation d'une infrastructure technologique et organisationnelle adéquate pour les fabriquer. Elles doivent en outre bien maîtriser la logistique de production et prévoir des démarches de marketing efficaces. Les travaux de Baldwin et Johnson (1999) et Baldwin, Hanel et Sabourin (2000) ont démontré que l'importance accordée par les petites et moyennes entreprises à un grand nombre de compétences allant du marketing aux ressources humaines favorise significativement leur intensité d'innovation.

Giessel et Boekholt (2005), à leur tour, estiment que dans une économie de la connaissance et des compétences techniques, les qualifications et les réseaux sont des facteurs importants pour le développement de la capacité innovatrice des sociétés et la favorisation de l'avantage concurrentiel. Les capitaux physiques traditionnels tels que les usines et les machines ne sont plus les capitaux clés. L'accent est mis sur la création et la sauvegarde des droits de propriété intellectuelle comme les droits d'auteur, les brevets, les marques déposées, les droits de conception et d'autres facteurs aussi déterminants tels que les compétences, les qualifications, la gestion d'innovation, le savoir-faire, et la constitution de réseaux.

L'accent est mis désormais sur le fait que les innovations technologiques, pour être efficaces, doivent être accompagnées de changements organisationnels liés à une bonne gestion des connaissances (Brynjolfsson et Hitt, 2000 ; Bresnahan, Brynjolfsson et Hitt, 2002 ; Greenan et Mairesse, 2004). Ces travaux ont montré la nécessité de prendre en considération la complémentarité entre les compétences technologiques et l'architecture organisationnelle lors de l'étude de l'activité d'innovation. Ceci nous amène donc à considérer que l'effet favorable des compétences technologiques sur l'innovation est accentué si celles-ci sont accompagnées par des compétences organisationnelles de management des connaissances appropriées.

Après avoir fait une analyse de la littérature théorique et empirique de l'innovation et des différents facteurs qui contribuent au développement des compétences, nous présentons dans ce qui suit une étude économétrique faite sur un échantillon d'entreprises françaises dans la perspective de tester nos hypothèses de recherche<sup>1</sup>.

---

1. Dans une étude portant sur des entreprises tunisiennes nous avons obtenu des résultats similaires bien que moins nets (Hajjem, Ayadi et Garrouste, , 2011).

## 3.3 Etude empirique

Dans le but de valider empiriquement notre étude des déterminants de l'innovation, nous avons utilisé des données de l'enquête communautaire sur l'innovation menée en 2006 sur un échantillon de 5179 entreprises industrielles françaises de 20 salariés et plus. Nous commençons par l'identification des variables qui agissent sur la probabilité d'innover en produit et en procédé puis analysons les relations de complémentarité potentielles entre les changements technologiques et organisationnels.

### 3.3.1 Construction des variables

En nous basant sur la littérature, nous avons utilisé les caractéristiques internes et externes de l'entreprise suivantes comme variables explicatives des deux types de l'innovation : innovation en produit (biens et services) et innovation en procédés (procédés de production, méthodes de logistique, de fourniture, de distribution, activités de soutien ou de support) :

- Dde\_pull : Impulsion de la demande : Dans le questionnaire de la CIS 2006 il n'y a pas de mesure directe de cette variable. Pour la mesurer (Arvanitis, 2010 ; Mairesse et Mohnen, 2010), nous l'avons approximé par la somme des items (alpha de Cronbach = 0.8457) relatifs aux sources d'information de marché (fournisseurs, clients, concurrents, consultants ou laboratoires privés).
- Le classement des industries manufacturières en catégories à forte, moyenne-forte, moyenne-faible et faible intensité technologique a été déterminé en classant les industries selon l'édition 2003 du tableau de bord de l'OCDE de la science, de l'industrie et de la technologie. Cette classification nous permettra d'approximer l'effet de la poussé technologique sur l'innovation (Mairesse et

Mohnen, 2010).

- Taille : Logarithme du nombre d'employés en 2006.
- Gpe (Appartenance à un groupe) : variable binaire indiquant si l'entreprise appartient à un groupe.
- Obstacles au changement : somme des items (alpha de Cronbach = 0.8546) suivants : manque de personnel qualifié, manque d'information sur la technologie, manque d'information sur les marchés, difficulté de trouver des partenaires. . .
- Coop (coopération technologique) variable binaire qui prend la valeur 1 si l'entreprise a conclu au moins une relation de partenariat technologique, 0 sinon.
- Activité\_RDI (activité de R&D interne) : variable binaire indiquant si l'entreprise s'est lancée dans une activité de R&D interne durant les trois dernières années.
- chg\_org (Changements organisationnels) : variable binaire qui prend la valeur 1 si l'entreprise adopte de nouvelles pratiques dans le mode de production (système de gestion de la chaîne d'approvisionnement, business re-engineering, production sur commande, système de gestion de la qualité, système de formation, etc. . .) ou des systèmes de gestion des connaissances, nouveaux ou améliorés de manière significative (pour améliorer l'utilisation ou l'échange de l'information, du savoir ou des compétences à l'intérieur ou vis-à-vis de l'extérieur de l'entreprise) ou une importante modification de l'organisation du travail (nouvelle répartition des responsabilités/du pouvoir de décision parmi les salariés, travail d'équipe, décentralisation, intégration ou automatisation de

différents services de l'entreprise, etc. . .).

Nous allons utiliser ces variables pour déterminer lesquelles influencent la probabilité d'innover en produit et en procédé et étudier l'interdépendance entre les compétences technologiques et organisationnelles.

### **3.3.2 Les déterminants de la probabilité d'innover pour les entreprises françaises**

Vu la nature dichotomique de nos variables dépendantes, nous avons eu recours à des modèles probit pour expliquer la probabilité d'apparition de chaque type d'innovation. Mais avant de procéder à l'estimation, nous avons jugé nécessaire de tester l'exogénéité de la variable changements organisationnels. En effet, d'un point de vue conceptuel, l'adoption de ces pratiques par une organisation a été présentée comme un facteur accélérant et améliorant la créativité individuelle en lui fournissant un contexte susceptible de créer et échanger des connaissances. Cependant, le lancement de l'entreprise dans cette politique peut être confondu avec l'innovation en processus. Ainsi, pour nous assurer de l'absence de corrélation entre cette variable et le terme d'erreur (Greene, 2000), nous l'avons instrumentée par les variables appartenance à un groupe et obstacles au changement sous l'hypothèse que ces deux facteurs déterminent la décision de la firme à moderniser son architecture organisationnelle. Dans le tableau suivant, nous présentons pour chaque type d'innovation, le résultat de l'estimation du modèle probit à variables instrumentales en deux étapes, du test d'exogénéité de Wald ainsi que du test de validité des instruments de Sargan (Greene, 2000) .

TABLE 3.1 – Estimation des modèles probit à variables instrumentales en deux étapes

| variables                                   | Inn_pdt |          | Inn_pcd |           |
|---|---------|----------|---------|-----------|
|   | Coef    | Z        | Coef    | Z         |
| Dde_pull                                    | 0.13    | 4.21***  | 0.18    | 6.44***   |
| Taille                                      | 0.07    | 2.23**   | 0.07    | 2.45***   |
| hautech                                     | -0.47   | -0.86    | 0.20    | 0.40      |
| moyhotech                                   | 0.13    | 0.47     | 0.24    | 0.90      |
| moyfaibtech                                 | 0.61    | 2.06**   | -0.16   | -0.68     |
| faibtech                                    | -0.51   | -1.66*   | -0.24   | -0.95     |
| Activités_RD                                | 1.36    | 12.30*** | 0.79    | 7.88***   |
| Coop  | 0.28    | 3.46***  | 0.27    | 3.74***   |
| Chg_org                                     | 1.09    | 1.35     | .19     | 0.27      |
| Cons  | -0.81   | -0.74    | -1.86   | -10.14*** |
| Statistique Wald d'exogénéité               | 1.55    |          | 0.52    |           |
| Statistique de sur-identification de Sargan | 1.969   |          | 0.101   |           |

Note : \*, \*\*, \*\*\* respectivement significatif à 10%, 5% et 1% .

Dans la mesure où les deux statistiques de Wald sont non significatives, on ne peut pas rejeter l'hypothèse d'exogénéité de la variable `chg_org` dans les deux modèles. Par ailleurs, nos variables instrumentales (appartenance à un groupe et obstacles au changement) sont valides puisque les statistiques du test de sur-identification des instruments de Sargan sont non significatives. Ces résultats nous assurent de l'absence de problème d'endogénéité de cette variable dans les deux équations. Nous adoptons alors des modèles probit simples pour expliquer la probabilité d'adoption de chaque type d'innovation. Les résultats de ces estimations sont présentés dans le tableau suivant :



TABLE 3.2 – Estimation des modèles Probit simples

| variables    | Inn_pdt    |           | Inn_pcd    |           |
|--------------|------------|-----------|------------|-----------|
|              | Coef       | Z         | Coef       | Z         |
| Dde_pull     | 0.17       | 18.17***  | 0.16       | 4.21***   |
| Taille       | 0.10       | 5.00***   | 0.05       | 2.98***   |
| hautech      | -0.38      | -0.73     | 0.15       | 0.32      |
| moyhotech    | 0.11       | 0.41      | 0.25       | 0.96      |
| moyfaibtech  | 0.56       | 1.95**    | -0.13      | -0.58     |
| faibtech     | -0.51      | -1.88*    | -0.22      | -0.87     |
| Activités_RD | 1.47       | 25.94***  | 0.73       | 13.38***  |
| Coop         | 0.35       | 6.01***   | 0.24       | 4.49***   |
| Chg_org      | 0.11       | 2.20**    | 0.71       | 15.23**   |
| Cons         | -2.21      | -21.13*** | -1.97      | -20.87*** |
| LR $\chi^2$  | 3799.62*** |           | 2837.79*** |           |
| Pseudo $R^2$ | 0.5371     |           | 0.4057     |           |

Note : \*, \*\*, \*\*\* respectivement significatif à 10%, 5% et 1% .

Les pseudo  $R^2$  de nos deux modèles expliquant les probabilités d’innover en produit, en procédé sont moyens avec des niveaux respectifs de 0.53 et 0.40. En outre, les modèles sont globalement significatifs à un niveau de 1%. Ces résultats montrent que les modèles choisis répondent d’une manière acceptable aux données utilisées dans cette étude. Les régressions ont révélé que les deux types d’innovation ne sont pas expliqués de la même manière :

### 3.3.2.1 Rôle des caractéristiques internes et externes de l’entreprise

A l’instar de plusieurs études empiriques antérieures (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998, 2000 ; Ayadi, Rahmouni et Yildizoglu, 2007), nos résultats montrent que la capacité d’innovation de l’entreprise dépend de ses caractéristiques intrinsèques et du contexte dans lequel elle opère. En effet, l’hypothèse schumpetérienne selon laquelle les grandes entreprises sont plus innovantes que les petites est confirmée puisque le coefficient de la variable taille mesurée par le logarithme du nombre d’employés en 2006 est significativement positif (à 1%) dans les équations des deux types d’innovation. Ainsi, plus la taille de l’entreprise est grande, plus elle est susceptible

d'innover en produit et en procédés afin de profiter des économies d'échelle et maintenir sa part de marché. D'où, l'hypothèse de l'effet positif de la taille de l'entreprise sur sa capacité d'innovation est validée.

Concernant les caractéristiques externes de l'entreprise, nous constatons que la variable impulsion par la demande a des coefficients positifs et très significatifs dans les deux équations. Nous pouvons donc corroborer l'hypothèse selon laquelle ce facteur stimule l'innovation en produit et en procédé. De fait, les mutations de l'environnement engendrent des changements permanents des conditions de marché et des besoins de la clientèle et, afin de conserver leurs positions concurrentielles et conquérir de nouveaux marchés, les entreprises se voient dans l'obligation d'étendre leurs gammes de produits et d'améliorer leurs méthodes de production pour faire face à la concurrence. Cependant, nos résultats montrent que l'effet de l'intensité technologique semble très mitigé. En effet, nous constatons que l'appartenance aux industries de haute technologie n'a pas d'effet significatif sur les deux types d'innovation. Les industries de moyenne-faible technologie sont les plus disposées à innover en produit. Par contre l'appartenance aux industries de faible technologie a un impact significativement négatif sur la probabilité d'innover en produit. En résumé, cette étude suggère que la poussé technologique affecte plus l'innovation en produit que l'innovation en procédé mais ne nous permet pas de conclure quand au signe de cet effet.

Nous avons donc pu montrer que les probabilités d'innover en produit ou procédé sont influencées par les caractéristiques internes et externes de l'entreprise notamment sa taille et l'impulsion de la demande. Il nous reste à analyser l'effet des pratiques technologiques et organisationnelles.

### 3.3.2.2 Rôle des pratiques technologiques et des changements organisationnels

Dans cette section, nous allons nous intéresser à examiner l'effet des activités de R&D, de la coopération technologique et des changements organisationnels sur la probabilité d'innover en produit et en procédé. Nous constatons l'importance de l'effet de l'activité de recherche et développement sur l'innovation. En effet, le coefficient de cette variable est significativement (à 1%) positif dans les deux régressions. Il est clair que cet effort interne entrepris par les unités de recherche de la firme constitue le principal mécanisme de développement des compétences technologiques (Crépon, Duguet et Mairesse; 1998, 2000). Ceci contribue alors à la création de nouvelles connaissances permettant la production de nouveaux produits et/ou l'adoption de nouvelles méthodes de production. Les travaux, expériences, enquêtes et discussions sont des activités qui sont menées par les équipes de R&D et qui constituent les principales sources d'augmentation du stock de connaissances de la firme. Cependant leur partage et leur bonne diffusion sont conditionnés par l'interaction et l'implication de tous les partenaires internes et externes de l'entreprise. Toutes ces constatations nous amènent à accepter notre hypothèse relative à l'effet positif de l'activité de R&D sur l'innovation.

Nous remarquons également que le coefficient de la variable coopération technologique est significativement positif pour les deux types d'innovation. Ce résultat suggère que les relations de partenariat technologiques ont favorisé, pour les entreprises françaises, l'innovation ou l'amélioration significative de leurs produits et de leurs procédés grâce à l'internalisation des nouvelles compétences technologiques de leurs partenaires. Comme l'ont souligné Cohen et Levinthal (1990), Hamel et Prahalad (1994) et Karray (2003), ces relations permettent aux entreprises la mise en commun de connaissances et d'informations complémentaires ou le développement

d'un processus d'apprentissage lié à leur capacité d'absorption. Ainsi, l'engagement de l'entreprise dans une relation de coopération augmente significativement sa probabilité d'innover.

Si nous examinons maintenant l'effet de l'adoption de nouvelles pratiques organisationnelles de gestion des connaissances, nous constatons que le coefficient de ce facteur est positif de 0.11 et significatif à 1% sur la probabilité d'innover en produit et de 0.71 (significatif à 1%) sur la probabilité d'innover en procédé. Ce résultat est cohérent avec la littérature (Dosi & Teece, 1998 ; Coriat et Weinstein, 2002 ; Galia et Legros, 2005 ; Mohnen et Roller, 2005). En effet, nous rappelons que cette variable a été construite à partir des items suivants : adoption de nouvelles pratiques dans le mode de production (système de gestion de la chaîne d'approvisionnement, business re-engineering, production sur commande, système de gestion de la qualité, système de formation) ou mise en place de systèmes de gestion des connaissances nouveaux ou améliorés de manière significative (pour améliorer l'utilisation ou l'échange de l'information, du savoir ou des compétences à l'intérieur ou vis-à-vis de l'extérieur de l'entreprise) ou encore une importante modification de l'organisation du travail (nouvelle répartition des responsabilités / du pouvoir de décision parmi les salariés, travail d'équipe, décentralisation, intégration ou autonomisation de différents services de l'entreprise). Tous ces éléments favorisent le changement des méthodes de production et de l'architecture organisationnelle de l'entreprise ainsi que la création et le partage de connaissances stimulant l'innovation en produit et en procédé. Notre hypothèse relative à l'effet positive des changements organisationnels sur l'innovation est donc corroborée.

### 3.3.3 Etude de la complémentarité entre les pratiques organisationnelles et technologiques

Comme nous l'avons mentionné dans notre premier chapitre, la complémentarité entre deux variables ou deux stratégies existe si " faire plus de l'une accroît les rendements obtenus en faisant plus de l'autre " (Milgrom and Roberts, 1990, 1995; Holmstrom and Roberts, 1998). Le rendement marginal d'une activité est une fonction croissante du niveau des autres activités.

#### 3.3.3.1 Conditions de complémentarité

Nous avons vu (chapitre I) qu'une fonction  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  est dite supermodulaire et  $x_1, x_2$  sont complémentaires si et seulement si :

$$f(x_1 + 1, x_2 + 1, \dots, x_n) - f(x_1, x_2 + 1, \dots, x_n) \geq f(x_1 + 1, x_2, \dots, x_n) - f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

Alternativement, cette équation peut être écrite de la manière suivante :

$$f(x_1+1, x_2+1, \dots, x_n) + f(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq f(x_1+1, x_2, \dots, x_n) + f(x_1, x_2+1, \dots, x_n) \quad (2)$$

avec une inégalité stricte pour au moins une des valeurs de  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Il suffit alors de vérifier la complémentarité pour toutes les combinaisons possibles de stratégies indépendamment des autres stratégies ou variables. Nous voulons ici étudier la complémentarité de l'effet des changements organisationnels avec la coopération technologique et l'activité de R&D sur l'innovation. Toutes ces variables étant dichotomiques, l'ensemble des combinaisons possible des trois stratégies (changements organisationnels, coopération technologique, et activité de R&D) est donné par :

$$E = \{000, 100, 010, 001, 110, 101, 011, 111\}$$

Si nous utilisons la définition de la super-modularité et pour tester la complémentarité de chaque couple de variable, le nombre de contraintes à vérifier est égal à :  $2^{(k-2)} \sum_{i=1}^{k-1} i$  avec  $k$  le nombre de stratégies. Dans la mesure où nous avons trois stratégies, nous devons tester 6 contraintes. De même, nos variables dépendantes sont dichotomiques donc les fonctions à analyser sont les probabilités conditionnelles d'innover en produit ou en procédé (Choi et al, 2008). La condition de super-modularité dans (2) peut être écrite alors de la manière suivante :

$$\begin{aligned} P(y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2 + 1, \dots, x_n) + P(y = 1 \setminus x_1, x_2, \dots, x_n) \geq \\ P(y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2, \dots, x_n) + P(y = 1 \setminus x_1, x_2 + 1, \dots, x_n) \end{aligned} \quad (3)$$

Cette condition stipule que la probabilité d'innover en produit ou en procédé suite à l'adoption simultanée de deux stratégies est supérieure à la somme des deux probabilités obtenues lorsque chacune des deux pratiques est adoptée séparément.

Nous définissons un indice de complémentarité (Choi et al, 2008) (IC) pour déterminer le niveau de l'effet conjugué de chaque couple de stratégies sur la probabilité d'innover par rapport à l'effet de chacune d'entre elles prise séparément.

$$IC = \frac{P(y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2 + 1, \dots, x_n) + P(y = 1 \setminus x_1, x_2, \dots, x_n)}{P(y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2, \dots, x_n) + P(y = 1 \setminus x_1, x_2 + 1, \dots, x_n)} \quad (4)$$

Avec :  $P(y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2, \dots, x_n) + P(y = 1 \setminus x_1, x_2 + 1, \dots, x_n) \neq 0$ .

Le test de complémentarité consiste à comparer l'IC par rapport à 1. Pour que les deux stratégies  $x_1$  et  $x_2$  soient complémentaires il faut en premier lieu que  $P(Y = 1 \setminus x_1 + 1, x_2 + 1, \dots, x_n)$  soit supérieure à  $P(Y = 1 \setminus x_1, x_2 + 1, \dots, x_n)$  de telle sorte que la probabilité d'innover augmente du fait de l'adoption simultanée des deux stratégies. En deuxième lieu, il faut que l'IC soit supérieur à 1 pour satisfaire la condition de l'équation (3). Plus l'IC est élevé, plus la complémentarité de l'effet des deux stratégies sur la probabilité d'innover est importante.

### 3.3.3.2 Tests de complémentarité et résultats

Nous allons tout d'abord comparer l'effet marginal de l'adoption de chacune des stratégies mises en œuvre séparément avec l'effet marginal de leur adoption simultanée avec les autres stratégies. Pour cela, nous avons calculé en premier lieu, la probabilité prédite de chaque type d'innovation ( $P(Y = 1 \setminus X = \bar{X})$ ) pour une firme médiane (Fontana & Nesta, 2009). Cette probabilité est obtenue en utilisant les valeurs médianes pour les variables continues (impulsion de la demande et taille) et les valeurs moyennes pour les variables dichotomiques (classe technologique, activité de R&D, coopération technologique et changement organisationnel). En deuxième lieu, nous avons calculé le changement dans la probabilité prédite<sup>2</sup> des deux types d'innovation suite à un changement de la valeur des variables technologiques et organisationnelles significatives (RD\_activity ( $x_1$ ), tech\_coop ( $x_2$ ) et org\_chg ( $x_3$ ) de 0 à 1, toutes les autres variables étant maintenues à leur valeur médiane ou moyenne d'origine. En troisième lieu, nous avons calculé les indices de complémentarité telle que définis dans (4). A titre d'exemple l'IC entre  $x_1$  et  $x_2$  est donné par :

$$IC = \frac{P(y = 1 \setminus x_1 = 1, x_2 = 1, x_3, \bar{z}) + P(y = 1 \setminus x_1 = 0, x_2 = 0, x_3, \bar{z})}{P(y = 1 \setminus x_1 = 1, x_2 = 0, x_3, \bar{z}) + P(y = 1 \setminus x_1 = 0, x_2 = 0, x_3, \bar{z})}$$

---

2. Tous les changements sont calculés par rapport à la situation de référence dans laquelle aucune des trois stratégies n'est adoptée (000) et les autres variables sont maintenues à leur valeur moyenne ou médiane.

Avec  $x_3 = \{1, 2\}$  et  $\bar{z}$  le vecteur des variables explicatives maintenues à leurs valeurs moyennes ou médianes autre que  $x_1, x_2$  et  $x_3$ . Ainsi, pour chaque couple de variable, nous aurons deux IC : un indice pour chaque valeur de la troisième pratique (pour le couple  $x_1 \setminus x_2$ , nous aurons  $IC_1$  pour  $x_3 = 0$  et  $IC_2$  pour  $x_3 = 1$ ). Les résultats de tous ces calculs sont présentés dans le tableau suivant :



TABLE 3.3 – Tests de complémentarité entre activité de R&D, partenariat technologique et changements organisationnels

| <b>Probabilité prédite</b><br>$P(y = 1/x)$ | <b>Innovation</b><br><b>Produit</b> | <b>Innovation</b><br><b>Procédé</b> |                 |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Firme médiane                              | 0.296                               | 0.284                               |                 |
| $(x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, \bar{z})$     | 0.082                               | 0.084                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | -0.214                              | -0.200                              |                 |
| $(x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 0, \bar{z})$     | 0.536                               | 0.261                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.454                               | 0.177                               |                 |
| $(x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = 0, \bar{z})$     | 0.149                               | 0.127                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.067                               | 0.043                               |                 |
| $(x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 1, \bar{z})$     | 0.101                               | 0.253                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.019                               | 0.169                               |                 |
| $(x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0, \bar{z})$     | 0.670                               | 0.345                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.588                               | 0.261                               |                 |
| $(x_1 = 1, x_2 = 0, x_3 = 1, \bar{z})$     | 0.582                               | 0.529                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.500                               | 0.445                               |                 |
| $(x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = 1, \bar{z})$     | 0.1786                              | 0.336                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.096                               | 0.252                               |                 |
| $(x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 1, \bar{z})$     | 0.712                               | 0.624                               |                 |
| <i>Changement en point</i>                 | 0.630                               | 0.540                               |                 |
|  | IC 1                                | 1.098                               | 1.103           |
| R&D\Coop                                   | IC 2                                | 1.069                               | 1.691           |
|  | Result                              | Complémentarité                     | Complémentarité |
|  | IC 3                                | 1.181                               | 1.193           |
| R&D\Org_chg                                | IC 4                                | 1.014                               | 1.103           |
|  | Result                              | Complementarity                     | Complémentarité |
|  | CI 5                                | 1.038                               | 1.103           |
| Coop\Org_chg                               | CI 6                                | 0.996                               | 1.011           |
|  | Result                              | Complémentarité                     | Complémentarité |

D'après ce tableau des effets marginaux, la probabilité qu'une entreprise médiane innove en produit est de 29% et celle en procédé est de 28%. Ces probabilités diminuent respectivement de 72.33% (0.21 points) et de 70.42% (0.20 points) si cette entreprise n'adopte aucune des trois stratégies (activité de R&D, partenariat et changement organisationnel). Il s'agit d'une baisse très importante de la probabilité d'innover qui suggère l'importance du rôle stimulateur de ces stratégies sur l'innovation. Une entreprise qui n'adopte aucune de ces trois stratégies a une faible chance d'innover en produit ou en procédé.

Par rapport à cette situation de référence, si cette même entreprise décide de lancer une activité de R&D interne, sa probabilité d'innover en produit augmente de 0.45 point et celle en procédé de 0.17 point. En ce qui concerne la coopération technologique, son adoption seule augmente la probabilité d'innover en produit de 0.06 point et en procédé de 0.04 point. De même, le rendement marginal sur la probabilité d'innover d'un changement organisationnel par rapport à la situation de référence est de 0.01 point pour l'innovation en produit et 0.17 point pour celle en procédé. Tous ces changements tendent à prouver l'effet positif qu'exerce chacune de ces trois stratégies sur la capacité innovatrice des entreprises françaises.

Observons à présent les résultats de l'adoption simultanée de chaque paire de ces stratégies. Nous remarquons qu'une adoption simultanée d'une activité de R&D et d'une relation de partenariat technologique fait monter la probabilité d'innovation en produit et en procédé respectivement de 0.58 et de 0.28 point. Ce résultat suggère que le rendement marginal d'un couplage entre ces deux stratégies est beaucoup plus important que l'adoption de chaque pratique à part. De plus, les indices de complémentarité entre ces deux stratégies ( $IC_1$  et  $IC_2$ ) sont supérieurs à 1. Nous pouvons donc en déduire que ces deux stratégies ont des effets complémentaires sur l'inn-

vation en produit et en procédé puisque l'adoption de l'une augmente le rendement marginal de l'adoption de l'autre. Ainsi, l'exploitation de nouvelles compétences technologiques issues des relations de partenariat requiert un effort interne d'assimilation et d'absorption entrepris par les équipes de R&D. Cette activité est nécessaire pour pouvoir intérioriser ce flux de connaissances et l'utiliser dans l'innovation en produit ou l'amélioration significative des méthodes de production. Ceci est conforme aux résultats de Cohen et Levinthal (1990) ou encore Karray (2003).

Si l'entreprise de référence se lance simultanément dans une activité de R&D et dans une modernisation de ses pratiques organisationnels, sa probabilité d'innover en produit augmente de 0.5 point et en procédé de 0.44 point. Ceci signifie que l'innovation est davantage favorisée par l'adoption simultanée de ces deux stratégies que par l'adoption de chacune de ces stratégies séparément. Ce résultat est synonyme d'une complémentarité ou d'une interaction positive entre l'effort de R&D et les changements organisationnels pour les deux types d'innovation. Il est clair que l'intégration de nouvelles politiques organisationnelles dans les décisions stratégiques de l'entreprise ouvre la voie à de nouvelles idées et possibilités d'amélioration des méthodes de travail et de production. Ce flux d'information lorsqu'il est intégré aux discussions, séminaires et expériences des équipes de R&D génère vraisemblablement des innovations en produit et en procédé. Réciproquement, l'effort des équipes de R&D facilite la conformité de l'entreprise aux exigences de la nouvelle architecture organisationnelle visée par la réduction de l'écart entre les résultats et les objectifs. Ce résultat est confirmé par les valeurs de  $IC_3$  et  $IC_4$  supérieurs à 1.

De la même manière, nous constatons une augmentation de la probabilité d'innover suite à l'engagement de l'entreprise dans une relation de partenariat technologique en produit de 0.09 point et en procédé de 0.25 point suite à un couplage entre

cette politique et une stratégie d'innovation organisationnelle. Ainsi, le lancement dans une relation de partenariat favorisera davantage la probabilité d'innover s'il est accompagné par une souplesse de production, par une implication des partenaires internes et externes dans les objectifs de l'entreprise et par une flexibilité organisationnelle qui facilite l'adaptation au changement. De même, l'adoption de ces bonnes pratiques organisationnelles stimule plus l'innovation si elle est accompagnée par une coopération technologique qui permet l'acquisition de nouvelles compétences et l'intensification de la capacité absorptive de l'entreprise. Les indices de complémentarité entre ces deux pratiques ( $IC_5$  et  $IC_6$ ) sont supérieurs à 1. Il s'avère donc qu'il existe un lien de complémentarité entre les effets de la coopération technologique et celui des innovations organisationnelles de gestion des connaissances.

### 3.4 Conclusions

L'objectif de ce chapitre était en premier lieu de déterminer les facteurs qui favorisent la probabilité d'innovation pour les entreprises françaises. Après avoir construit nos variables et fait les tests d'endogénéité nécessaires, nos résultats issus des régressions probit suggèrent que la probabilité d'innover en produit ou en procédé est déterminée par les caractéristiques intrinsèques de l'entreprise et celles de son environnement ; notamment sa taille et l'impulsion de la demande (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998, 2000 ; Ayadi, Rahmouni et Yildizoglu, 2007).

De même, le lancement de l'entreprise dans une activité de R&D agit positivement et significativement sur les deux types d'innovation. En effet, l'effort interne entrepris par les unités de recherche de la firme constitue le principal mécanisme de développement des compétences technologiques (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998, 2000). Cette stratégie contribue en effet à la création de nouvelles connaissances permettant la production de nouveaux produits et/ou l'adoption de nouvelles méthodes de

production.

Nos résultats suggèrent également que les relations de partenariat technologiques ont favorisé pour les entreprises françaises l'innovation ou l'amélioration significative de leurs méthodes de production grâce à l'internalisation des nouvelles compétences technologiques de leurs partenaires (Cohen et Levinthal, 1990 ; Hamel et Prahalad, 1994 et Karray, 2003). De plus, l'adoption de nouvelles stratégies organisationnelles de gestion des connaissances contribue d'une manière significative au développement des compétences pour innover. En effet, cette stratégie favorise le changement des méthodes de production et de l'architecture organisationnelle de l'entreprise ainsi que la création et le partage des connaissances stimulant ainsi l'innovation surtout en procédé.

En deuxième lieu, afin de déterminer les éventuelles relations d'interdépendance et de complémentarité entre les pratiques technologiques (activité de R&D et partenariat technologique) et organisationnelles (de management des connaissances), nous avons testé les conditions de complémentarité de chaque couple de stratégies telles que définies par Topkis (1978) et Milgrom & Roberts (1990, 1995). Cette étude des rendements marginaux des trois stratégies sur la probabilité d'innover nous a permis de montrer qu'elles sont inter-reliées et qu'elles ont des effets complémentaires qui appellent leur adoption simultanée plutôt que leur adoption séparée. Ainsi, pour pouvoir bénéficier pleinement de l'effet positif du partenariat et des efforts de R&D sur l'innovation, ceux-ci doivent être accompagnés par certaines pratiques organisationnelles liées à la bonne gestion des compétences et à la mise en place d'une architecture organisationnelle favorisant la création et le partage des connaissances et flexible aux changements. En tenant compte de ces relations de complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles pour innover, nous proposons dans le troisième chapitre un modèle pour mesurer le rendement des différents types d'innovation.

## CHAPITRE 4

# EFFETS DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES ET ORGANISATIONNELLES SUR LA PRODUCTIVITÉ : UNE EXTENSION DU MODÈLE CDM

### Introduction

Tout en tenant compte de la complémentarité des déterminants de l'innovation montrée dans le chapitre précédent, nous étudions dans ce quatrième chapitre le rendement des différents types d'innovation. En effet, un intérêt croissant est attribué au rôle de l'innovation, considérée comme un déterminant de la compétitivité et de la flexibilité des entreprises dans un contexte de mutation rapide de l'environnement économique. Plusieurs études ont montré que l'innovation technologique contribue d'une manière significative à la productivité des entreprises (Griliches, 1979 ; Crépon et al., 1998, Loof et Heshmati, 2002, Galia et Legros, 2005 ; Griffith et al, 2006, Robin et Mairesse, 2008, Polder et al, 2010).

En effet, face à la concurrence qui s'intensifie, la création de nouveaux produits et de nouvelles méthodes de production devient un impératif pour les entreprises et une ressource stratégique nécessaire leur permettant de maintenir leur position concurrentielle.

L'étude de la relation innovation-productivité a débuté avec le travail pionnier de

Griliches (1979) qui, à l'aide d'une fonction de production Cobb-Douglas augmentée de la R&D, a pu montrer que le flux de connaissances qui en découle exerce un effet positif sur la productivité.

Crépon, Duguet et Mairesse (1998) ont contribué à un développement important de ces résultats, ce qui a servi de base aux travaux récents sur le rendement de l'innovation. Selon leur étude connue sous le nom de modèle CDM, les caractéristiques internes et externes de la firme déterminent son activité de R&D. Cette dernière stimule le développement du capital de connaissances technologiques et l'intensité d'innovation qui favorisent la productivité de la firme. Leur apport principal a été de distinguer les inputs et les outputs de l'innovation. Sont considérés comme inputs d'innovation tous les facteurs internes et externes qui favorisent l'engagement d'une entreprise dans une activité d'innovation. Leur étude montre que ces stimulateurs de l'innovation sont composés principalement de la R&D interne, de l'impulsion de la demande et de la poussée technologique. Ils mesurent les outputs d'innovation d'une part par l'introduction de nouveaux produits ou le changement ou l'amélioration significative des méthodes de production et d'autre part par l'intensité de ces innovations donnée par la part de vente des produits nouveaux dans le chiffre d'affaire.

Plusieurs études ont par la suite corroboré l'impact positif de l'innovation sur la productivité en utilisant le modèle CDM (Loof and Heshmati, 2002, Griffith et al, 2006, Robin et Mairesse, 2008). La majorité de ces travaux se sont focalisés sur l'innovation technologique en produit étant donné que c'est le seul type d'innovation pouvant être évalué d'une manière précise et accessible par des données quantitatives (nombre de brevets, part des produits nouveaux dans le chiffre d'affaire).

Cependant, nous assistons à un changement des données disponibles avec l'appa-

rition de nouvelles enquêtes communautaires sur l'innovation (CIS) qui ont introduit d'autres inputs (investissement en TIC) et outputs (innovation organisationnelle et de marketing) de l'innovation. Ainsi des études récentes ont montré l'importance de l'effet des pratiques organisationnelles et de la gestion des connaissances (knowledge management) sur la réussite de l'innovation. Ces travaux ont mis l'accent sur la nécessité que les innovations technologiques, pour être efficaces, soient accompagnées de changements organisationnels (Brynjolfsson et Hitt, 2000 ; Bresnahan, Brynjolfsson et Hitt, 2002 ; Greenan et Mairesse, 2004 ; Galia et Legros, 2005 ; Mohnen et Roller, 2005 ; Polder et al, 2010).

Notre étude s'inscrit dans ce champ de recherche en s'interrogeant plus précisément sur les facteurs internes et externes favorisant les différents types de l'innovation et la complémentarité des innovations technologiques et organisationnelles en termes de productivité. Cette question reste en effet très peu abordée par la littérature malgré l'abondance des travaux sur le rendement des innovations technologiques.

L'originalité de notre étude est de faire une extension du modèle CDM consistant d'abord à considérer les investissements en R&D externe et en achat de machines et logiciels (M&L) en plus des investissements classiques en R&D interne comme input d'innovation, puis à introduire les innovations organisationnelles (changement dans les stratégies managériales, l'organisation du travail ou les relations extérieurs) et de marketing (changement dans la conception du produit, l'emballage, le placement ou la politique de prix) comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit (innovation ou amélioration significative de biens et services) et en procédé (changement dans les méthodes de production ou de distribution).

Nous commençons dans une première section par un survol de la littérature basée sur le modèle CDM qui étudie le rendement de l'innovation. Dans une deuxième section



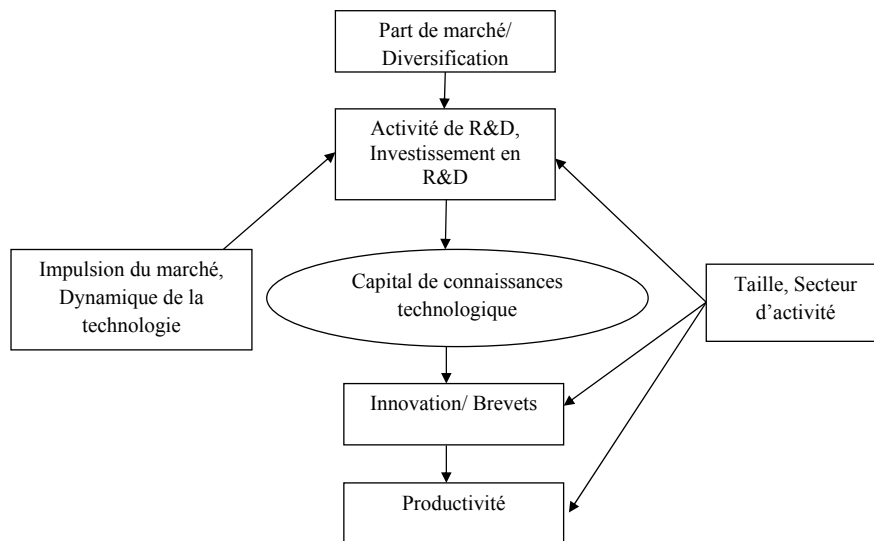
nous présentons notre modèle économétrique et la méthode d'estimation puis, dans une troisième section nous interprétons les résultats et concluons.

## 4.1 Revue de la littérature basée sur le modèle CDM

Les études sur le rendement de l'innovation diffèrent en fonction de l'évolution des données offertes par les enquêtes communautaires sur l'innovation et des méthodes économétriques utilisées. Toutefois, la majorité de ces travaux se basent sur le modèle de rendement de l'innovation de Crépon, Duguet et Mairesse (1998).

### 4.1.1 Présentation du modèle CDM

Ce modèle se schématise de la manière suivante :



Source : Crépon, Duguet et Mairesse (1998,2000)

FIGURE 4.1 – Modèle CDM

Ainsi, selon le modèle CDM, les attributs internes (taille, secteur d'activité) et externes (impulsion du marché et dynamique de la technologie) de la firme déterminent son activité de R&D. Cette dernière stimule le développement du capital de connaissances technologiques qui détermine l'intensité d'innovation et par là la productivité de la firme. L'avantage de cette structure est qu'elle traite les deux problèmes adjacents aux données d'innovation : le problème de sélection et le problème d'endogénéité (Mairesse et Mohnen, 2010).

En fait, les données sur l'innovation sont censurées. Seuls les entreprises qui ont des innovations réalisées, en cours ou abandonnées sont appelées à fournir des données sur leurs inputs d'innovation (activité de R&D, coopération, sources d'information et de financement...). Cette censure doit être corrigée pour éviter le biais de sélection qui en découle. En outre, les décisions relatives aux activités d'innovation sont prises d'une manière simultanée et sont déterminées conjointement par d'autres facteurs. D'où, pour remédier à ce risque d'endogénéité, une bonne analyse des relations de causalité entre ces décisions requière une modélisation en équations structurelles.

#### **4.1.2 Travaux basés sur le modèle CDM**

La plupart des papiers utilisent le ratio de Mills pour corriger le biais de sélection (Robin et Mairesse, 2008 ; Polder et al., 2010) et les procédures en deux étapes pour corriger la simultanéité (Löf et Heshmati, 2002 ; Griffith et al., 2006). Nous présentons dans le tableau suivant un panorama qui est loin d'être exhaustif de travaux faits sur la relation entre les inputs et les outputs de l'innovation et leurs effets sur la productivité des firmes.

TABLE 4.1 – Liste non exhaustive des travaux sur le rendement de l'innovation

| Etude                                       | Base de données                             | Variables endogènes   | Méthode d'estimation   | Commentaires   |
|---|---|---|--|--|
| Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000)     | CIS France 1986-1990                        | R&D, brevets (ou part des produits nouveaux dans le chiffre d'affaire), productivité du travail | Tobit généralisé pour la R&D, Moindres Carrés asymptotiques pour l'innovation et la productivité                   | Données tronquées pour la R&D  |
| Lööf et Heshmati (2002)                     | Suède                                       | Dépenses d'innovation \employé, ventes des produits nouveaux\employé, valeur ajoutée \employé   | systèmes d'équations, Moindres Carrés asymptotiques  | Données tronquées pour la R&D et la formation, données dichotomiques pour la qualité, mesure de l'effet de retour  |
| Galia et Legros (2003)                      | France 1994-1996                            | R&D, innovation, formation, qualité, profitabilité  | Tobit généralisé pour l'innovation, les dépenses, 2SLS avec correction pour le biais de sélection                  | Effet de retour de la productivité sur l'output d'innovation   |
| Griffith, Huergo, Mairesse et Peters (2006) | France, Allemagne, Espagne et UK            | R&D, Innovation en produit et en processus, fonction de production augmentée                    | 2 modèles probit séparés pour chaque type d'innovation, contrôle d'endogénéité dans l'équation de productivité     | Les probabilités prédites d'innovation en produit et en procédé sont introduites dans l'équation de production   |
| Robin et Mairesse (2008)                    | France CIS3 (1998-2002) et CIS4 (2002-2004) | R&D, Innovation en produit et en processus, productivité de travail                             | Modèle Tobit généralisé pour la R&D, Modèle probit bivarié pour l'innovation, Modèle linéaire pour la productivité | Comparer les probabilités d'innover en produit et en procédés simultanément et séparément. Effet positif des deux types d'innovation sur la productivité pour les deux cas           |
| Polder, Leeuwen, Mohnen et Raymond (2010)   | CIS Pays-Bas (2002, 2004, 2006)             | TIC, R&D, innovation en produit en procédé et organisationnelle, productivité                   | Modèle Tobit généralisé pour les TIC et la R&D, probit multivarié pour l'innovation, linéaire pour la productivité | Introduction de TIC et des innovations organisationnelles, comparaison du secteur manufacturier et de services, Etude de la complémentarité entre les différents types d'innovation. |

Le modèle de base (Crépon, Duguet et Mairesse, 2000) est composé de trois étapes. La première étape a la forme d'un modèle Tobit servant à expliquer l'activité de R&D (composé de deux sous équations : une pour sélectionner ceux qui ont fait la R&D et l'autre pour expliquer l'investissement en R&D). La deuxième étape relie l'output d'innovation (mesuré par le nombre de brevet et la part des ventes de produits nouveaux dans le chiffre d'affaire) à la R&D. La troisième étape relie la productivité à l'output d'innovation. L'estimation de la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> équation est réalisée par les moindres carrés asymptotiques qui permettent d'obtenir des estimateurs convergents asymptotiquement normaux (Gourieroux, Monfort et Trognon, 1985) à partir des estimateurs du maximum de vraisemblance et du pseudo-maximum de vraisemblance de la forme réduite (Crépon, Duguet et Mairesse, 2000). Cette méthode permet de corriger le problème de présence de variables endogènes et se base sur la simulation. En plus de l'avantage de donner une explication structurelle de la relation R&D-productivité, le modèle CDM permet de résoudre deux problèmes économétriques : la prise en compte de la sélection et de la simultanéité (Mairesse et Mohnen, 2003). L'estimation des trois équations du modèle CDM est faite sur les données de la CIS française (1986 -1990).

D'autres travaux ont été appliqués sur des données individuelles d'innovation issues d'autre pays (Suède, Allemagne, Royaumes unis, . . .). La majorité de ces études se basent sur le modèle CDM mais différent dans le choix des variables endogènes et explicatives et dans le choix de la méthode d'estimation. Ainsi, Lööf et Heshmati (2002) ont utilisé la somme des dépenses d'innovation par employé au lieu des investissements en R&D comme input de l'innovation. Ils ont utilisé la même méthode d'estimation que CDM mais ils ont en plus mesuré l'effet de retour de la productivité sur l'innovation. Cet effet de retour a été également mesuré par Galia et Legros (2003) qui en plus de l'effet de l'innovation ont introduit les effets de la qualité et de

la formation sur la profitabilité. En outre, ils ont corrigé l'endogénéité en utilisant la méthode de double moindre carré qui est beaucoup plus simple à mener numériquement que la méthode des moindres carrés asymptotiques et donne en plus des estimateurs plus robustes.

Ces études ont recouru au nombre de brevet et à la part de vente des produits nouveaux pour mesurer l'output d'innovation. Cependant, ces mesures ont été largement critiqués (Mairesse et Mohnen, 2010). En effet, les brevets concernent seulement les innovations radicales et il est possible qu'ils ne peuvent jamais être introduits en marché. En outre, la part de vente des produits nouveaux ne peut pas être déterminée d'une manière précise. Les études récentes utilisent de plus en plus des données qualitatives pour mesurer l'output d'innovation. Quoiqu'elles soient moins informatives, ces données sont moins affectées par les erreurs de mesure. A titre d'exemple, Griffith et al. (2006) ont mesuré l'output d'innovation par deux variables dichotomiques indiquant si l'entreprise a fait une innovation en produit ou en procédé et à ce fait ils ont utilisé deux modèles Probit séparés (un pour chaque type d'innovation). Pour contrôler l'endogénéité ils ont introduit les probabilités prédites d'innovation en produit et en procédé dans l'équation de production.

Seulement, cette spécification en modèles Probit séparés ne permet pas de mettre en évidence le fait que les innovations en produit et en procédé sont interdépendantes et peuvent être déterminées d'une manière simultanée. Pour cette raison, Robin et Mairesse (2008) ont utilisé plutôt un modèle Probit bivarié pour l'innovation. Ils ont pu ainsi faire une comparaison entre les effets d'innover en produit et en procédé simultanément et séparément sur la productivité. Et ils ont souligné des effets positifs dans les deux cas.

Avec l'évolution des enquêtes communautaires sur l'innovation, d'autres sources et d'autres types d'innovation ont été ajoutés aux innovations en produit et en procédé, notamment les innovations organisationnelles. Ainsi, Polder et al. (2010) ont introduit ce troisième type et de ce fait ils ont utilisé un modèle Probit multivarié pour estimer l'output d'innovation. Ils ont introduit également l'investissement en NTIC comme input d'innovation qui s'ajoute à l'investissement en R&D. Ce modèle leur a permis aussi d'étudier la complémentarité entre les différents types d'innovation et de montrer que les innovations en produit et en procédé n'ont des effets positifs sur la productivité que si elles sont accompagnées par une innovation organisationnelle.

Notre apport par rapport à cette littérature sur le rendement de l'innovation consiste à faire une extension du modèle CDM tout en tenant compte des biais de sélection et d'endogénéité. Notre extension consiste d'abord à introduire les investissements en R&D externe et en machines et logiciels en plus des investissements classiques en R&D interne comme input d'innovation, puis à introduire les innovations organisationnelles et de marketing comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit et en procédé.

## **4.2 Modèle économétrique**

### **4.2.1 Données et méthodologie**

Nous nous basons sur le modèle CDM pour l'estimation du rendement de l'activité d'innovation des entreprises françaises. Nous avons utilisé les données de l'enquête communautaire sur l'innovation menée en 2006 sur un échantillon de 5179 entreprises industrielles françaises de 20 salariés et plus. Notre modèle est composé de trois blocs d'équations structurelles permettant de tenir compte à la fois des biais de sélectivité

et d'endogénéité. Le premier bloc est consacré à l'input de l'innovation.

Il considère trois types d'investissements : en R&D interne, en R&D externe et en M&L. Nous estimons la fonction d'investissement par un modèle Tobit généralisé type II composé de deux équations (une pour la décision d'investir et l'autre pour le montant d'investissement) et permettant de corriger le biais de sélection. Les valeurs prédites des investissements sont par la suite introduites dans le deuxième bloc relatif à l'output de l'innovation qui permet d'approximer les probabilités d'innover en produit, en procédé, en organisation et en marketing par un modèle Probit multivarié. Ce deuxième modèle est estimé par la méthode de maximum de vraisemblance simulé en utilisant le simulateur GHK (Train, 2003). Les probabilités prédites de chaque type d'innovation sont par la suite introduites dans le troisième bloc composé de l'équation linéaire de productivité mesurée par le chiffre d'affaire par employé.

## **4.2.2 Étape I : Equations des inputs d'innovation**

### **4.2.2.1 Equations**

La première étape de notre modèle estime les activités de R&D interne et externe ainsi que l'achat de machines et de logiciels. Le montant de chacun de ces trois types d'investissement dépend de la décision de se lancer ou non dans cette activité. Autrement dit, le montant investis est observé seulement si l'entreprise déclare avoir fait une activité de R&D ou acquis des M&L. D'où, nous soulignons un risque de biais de sélectivité. Pour remédier à ce problème, nous introduisons une équation de sélection. Ainsi cette étape est composée de deux équations pour chaque type d'investissement :

$$D_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } D_{ij}^* = W'_{ij}\alpha + \varepsilon_{ij} > 0, \\ 0 & \text{si } D_{ij}^* = W'_{ij}\alpha + \varepsilon_{ij} \leq 0. \end{cases} \quad (1a)$$

$$I_{ij} = \begin{cases} RDI_{ij}^* = Z'_{ij}\beta + e_{ij} & \text{si } DI_{ij} = 1, \\ 0 & \text{si } DI_{ij} = 0. \end{cases} \quad (1b)$$

$D$  : variable binaire = 1 si l'entreprise a fait une activité d'innovation.

$I$  : logarithme du montant investi.

Avec  $i = 1$  à  $N$ ,  $j = 1$  pour la R&D interne,  $j = 2$  pour la R&D externe et  $j = 3$  pour l'acquisition de machines et logiciels.

#### 4.2.2.2 Choix des variables

En nous basant sur la littérature (Griffith et al, 2006 ; Robin et Mairesse, 2008 ; Polder et al, 2010), nous avons choisis les variables explicatives ( $Z'_i$  et  $W'_i$ ) suivantes :

- Concurrence internationale (con\_inter) : variable binaire = 1 si l'entreprise vend sur le marché international.

En effet, pour faire face à l'augmentation de la concurrence due à l'ouverture des marchés à international, la firme se trouve obligée à se lancer dans une activité d'innovation pour pouvoir survivre et maintenir sa position concurrentielle.

- Moyens de protection : protection formelle (prot\_form) = 1 si l'entreprise utilise les brevets, les dessins et modèles, les marques ; et protection straté-



gique ( $\text{prot\_stra}$ ) = 1 si l'entreprise utilise le secret industriel, la complexité de conception, l'avance technologique sur les concurrents.

Les entreprises sont plus motivées à s'engager dans des dépenses d'innovation si elles possèdent des moyens pour protéger leurs inventions (Robin et Mairesse, 2008).

- Appartenance à un groupe ( $\text{Gpe}$ ) : variable binaire = 1 si l'entreprise appartient à un groupe.
- Coopération technologique ( $\text{Coop}$ ) : variable binaire = 1 si l'entreprise s'est lancée dans une relation de coopération technologique.

L'appartenance à un groupe et la coopération technologique offrent aux entreprises la possibilité d'acquérir de nouvelles sources de financement et de partager les flux de connaissances avec leurs partenaires. Ces deux facteurs permettent donc aux firmes d'améliorer leur capacité d'innovation.

- Impulsion par la demande ( $\text{Dde\_pull}$ ) = 1 si l'effet élargir la gamme de produit et accroître la part de marché est moyen ou important.
- Le classement des industries manufacturières en catégories à forte, moyenne-forte, moyenne-faible et faible intensité technologique a été déterminé en classant les industries selon l'édition 2003 du tableau de bord de l'OCDE de la science, de l'industrie et de la technologie. Cette classification nous permettra d'approximer l'effet de la poussé technologique (Mairesse et Mohnen, 2010).

L'impulsion du marché (demand pull) et la poussée de la technologie (technology push) sont considérées par Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000) comme des caractéristiques externes à la firme influençant simultanément l'innovation. En effet, les besoins des consommateurs sont à l'origine du développement de nouveaux produits et procédés. Les services liés à la clientèle et la croissance anticipée du marché stimuleraient alors l'innovation. En outre, la dynamique propre à la technologie inciterait à développer de nouveaux produits. L'engagement dans une activité d'innovation peut ainsi être déterminé en fonction des conditions de demande et de technologie propres à l'activité de l'entreprise.

- Soutien financier public ( $\text{fin\_pub}$ ) = 1 si l'entreprise a reçu au moins une forme de soutien financier public.

En fait cette subvention de l'Etat aide la firme à financer une partie ou la totalité de ses dépenses en activités d'innovation (Griffith et al, 2006 ; Robin et Mairesse, 2008).

- Sources d'information ( $\text{sce\_infoent}$ ,  $\text{sce\_infofrs}$ ,  $\text{sce\_infoflt}$ ,  $\text{sce\_infocon}$ ,  $\text{sce\_infouniv}$ ) : variables binaires = 1 si l'entreprise utilise des sources internes de l'entreprise ou du groupe, sources fournisseurs, sources clients, sources concurrents, sources université).

Les informations que la firme acquiert auprès de ses partenaires internes et externes influencent fortement sa décision de se lancer dans des activités d'innovation (Griffith et al, 2006 ; Robin et Mairesse, 2008).

- Taille : logarithme du chiffre d'affaire en 2006.

Un grand nombre de travaux ont confirmé l'hypothèse de Schumpeter stipulant que les grandes entreprises ou les industries où la concurrence est moins vive sont plus propices à l'innovation (Baldwin et al. ,2000; Crépon, Duguet et Mairesse, 1998, 2000).

#### **4.2.2.3 Résultats des estimations**

Les équations de chaque type d'input ont la forme d'un modèle Tobit généralisé type II. Nous adoptons alors la méthode d'estimation d'Heckman en deux étapes qui consiste à estimer d'abord la première équation de décision (de selection) par un Probit dichotomique ensuite à construire le ratio de Mills à partir de l'estimateur de la première étape et l'introduire dans la régression linéaire du montant investis (Heckman, 1979). L'application de cette méthode a donné les résultats suivants :

TABLE 4.2 – Estimation des équations des inputs de l'innovation

| Variables                         | R&D interne        |                    | R&D externe        |                    | Acquisition machines et logiciels |                    |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
|                                   | Décis              | Invest             | Décis              | Invest             | Décis                             | Invest             |
|                                   | coef               | dy/dx              | coef               | dy/dx              | coef                              | dy/dx              |
| Constante                         | -2.12<br>(0.11)*** |                    | -3.38<br>(0.13)*** |                    | -1.77<br>(0.09)***                |                    |
| Gpe                               | 0.69<br>(0.06)***  | 1.46<br>(0.16)***  | 0.46<br>(0.06)***  | -2.28<br>(0.76)*** | 0.68<br>(0.05)***                 | -1.06<br>(0.44)*** |
| Coop                              |                    | 0.51<br>(0.08)***  |                    | 0.29<br>(0.30)     |                                   | 0.09<br>(0.13)     |
| Sce_infoEnt                       |                    | 0.29<br>(0.05)***  |                    | 0.24<br>(0.18)     |                                   | 0.03<br>(0.07)     |
| Sce_infoFrs                       |                    | -0.06<br>(0.04)    |                    | -0.07<br>(0.14)    |                                   | 0.32<br>(0.06)***  |
| Sce_infoflt                       |                    | 0.02<br>(0.04)     |                    | 0.08<br>(0.15)     |                                   | -0.15<br>(0.06)*** |
| Sce_infocon                       |                    | 0.03<br>(0.04)     |                    | -0.19<br>(0.16)    |                                   | 0.04<br>(0.07)     |
| Sce_infouniv                      |                    | 0.38<br>(0.05)***  |                    | 0.17<br>(0.14)     |                                   | -0.31<br>(0.08)*** |
| con_inter                         | 0.40<br>(0.06)***  | 0.89<br>(0.15)***  | 0.20<br>(0.07)***  | -0.80<br>(0.59)    | 0.01<br>(0.05)                    | 0.07<br>(0.19)     |
| prot_strat                        | 0.62<br>(0.05)***  | 0.81<br>(0.13)***  | 0.33<br>(0.05)***  | -1.46<br>(0.50)*** | 0.29<br>(0.05)***                 | -0.35<br>(0.21)*   |
| prot_form                         | 0.38<br>(0.05)***  | 0.98<br>(0.12)***  | 0.53<br>(0.06)***  | -2.15<br>(0.71)*** | 0.08<br>(0.05)*                   | -0.17<br>(0.17)    |
| dde_pull                          | 1.88<br>(0.05)***  | 1.88<br>(0.53)***  | 0.95<br>(0.07)***  | -5.23<br>(1.10)*** | 1.57<br>(0.05)***                 | -3.86<br>(1.09)*** |
| fin_pub                           |                    | 0.62<br>(0.10)***  |                    | 0.30<br>(0.32)     |                                   | 0.69<br>(0.16)***  |
| haute_tech                        | 0.31<br>(0.59)     | 0.18<br>(0.99)     | -0.31<br>(0.72)    | 3.87<br>(4.98)     | -0.16<br>(0.50)                   | 2.31<br>(1.84)     |
| moyhaut_tech                      | -0.003<br>(0.30)   | 0.57<br>(0.51)     | -0.01<br>(0.33)    | -1.46<br>(2.26)    | -0.02<br>(0.26)                   | 0.34<br>(0.87)     |
| moyfaib_tech                      | -0.07<br>(0.28)    | -0.64<br>(0.44)    | -0.15<br>(0.29)    | -0.04<br>(1.95)    | -0.47<br>(0.25)**                 | 1.35<br>(0.91)     |
| faible_tech                       | -0.27<br>(0.30)    | -2.03<br>(0.58)*** | 0.28<br>(0.29)     | -0.20<br>(2.08)    | -0.19<br>(0.25)                   | 0.22<br>(0.97)     |
| taille                            | -0.006<br>(0.02)   |                    | 0.18<br>(0.02)***  |                    | 0.05<br>(0.02)***                 |                    |
| Ratio de Mills                    |                    | 1.43<br>(0.45)***  |                    | -6.58<br>(1.25)*** |                                   | -3.85<br>(1.04)*** |
| Rho                               |                    | 0.69               |                    | -1.00              |                                   | -0.99              |
| N (censurées \ total)             |                    | (2752\4965)        |                    | (3955\4804)        |                                   | (2953\5173)        |
| Test de Wald de $H_0 : \beta = 0$ |                    | 559.07***          |                    | 33.83***           |                                   | 78.99***           |

Note : \*, \*\*, \*\*\* respectivement significatif à 10%, 5% et 1% , Ecarts types entre parenthèses.

#### 4.2.2.4 Interprétation des résultats

Nos résultats montrent que l'appartenance à un groupe affecte positivement et significativement les décisions de faire du R&D interne (0.69) et externe (0.46) et d'acquérir des M&L (0.68) ainsi que les dépenses en R&D interne (1.46). Par contre ce facteur agit négativement sur les montants investis en R&D externe et en achat de M&L. En effet, l'appartenance à un groupe permet l'accès à d'autres ressources de financement et de connaissances offrant aux entreprises la possibilité d'augmenter leurs dépenses en R&D interne et de s'engager dans des activités de R&D externes impliquant les autres entreprises du groupe. De même, ce facteur favorise l'automatisation et l'acquisition de nouvelles technologies pour faciliter la communication entre les différentes filiales. L'effet négatif sur les montants investis peut être expliqué par le partage de ces charges avec les autres entreprises du groupe. Pour les mêmes raisons, le lancement dans une relation de coopération technologique a un effet positif et significatif sur le montant investi en R&D interne (0.51).

En ce qui concerne les sources d'information pour les activités d'innovation, nous constatons d'après le tableau 2 d'estimation que lorsque les entreprises se basent sur leurs propres sources d'informations ou celles de leurs groupes, elles dépensent plus en R&D interne (effet marginal positif significatif de 29%). Par contre, lorsqu'elles se basent sur leurs fournisseurs comme source d'information elles investissent plus en achat de M&L (effet marginal positif significatif de 32%) pour faciliter la communication avec eux et répondre à leurs exigences en termes d'automatisation et d'informatisation. Nous soulignons également que les firmes utilisant des informations issues des universités allouent plus de ressources pour les activités de R&D interne (effet marginal positif significatif de 38%) que pour le R&D externe et l'achat de M&L.

Nos résultats suggèrent aussi que la motivation des firmes françaises à faire du R&D interne et externe augmente si elles sont confrontées à la concurrence internationale afin qu'elles puissent défendre leur position concurrentielle. En outre, le recours aux moyens de protection de la propriété intellectuelle que se soit stratégique ou formelle a un effet positif sur la décision de faire du R&D interne et externe mais négatif sur les dépenses en R&D externe et en automatisation. Il s'avère alors que les firmes conditionnent leur décision et leur investissement en activités d'innovation par leur capacité à protéger leurs inventions (Robin et Mairesse, 2008).

Le financement public à son tour exerce un effet significativement positif sur les montants investis en R&D interne et externe et en acquisition de machines et de logiciels. Ce soutien de l'Etat représente une incitation importante pour les entreprises ayant des difficultés à financer leurs activités d'innovation.

Enfin, nous remarquons que le lancement de ces activités dépend également de l'impulsion par la demande et de l'intensité technologique du secteur d'activité de la firme (CDM) en plus de sa taille (hypothèse schumpetérienne). En effet, lorsque l'entreprise se trouve obligée à élargir sa gamme de produits et à conquérir de nouveaux marchés pour répondre aux exigences de la demande, elle est incitée à se lancer dans les différentes activités d'innovation pour atteindre ses objectifs. Mais malgré son effet positif sur les décisions, nous remarquons que l'impulsion de la demande exerce un effet négatif sur les montants investis en R&D externe et en automatisation. Il s'avère alors que les entreprises françaises investissent plus en R&D interne que les autres activités pour élargir leur gamme de produits.

En ce qui concerne l'intensité technologique, nous constatons que l'appartenance de l'entreprise à une industrie de faible technologie a un effet significativement négatif

tif sur l'investissement en R&D interne. De même, l'appartenance à une industrie de moyenne-faible technologie, a un effet significativement négatif sur la décision d'achat de M&L. Ainsi, plus la poussée technologique est faible, moins les firmes sont motivées à se lancer dans des activités d'innovation. Nos résultats confirment également l'hypothèse schumpetérienne puisque les effets de la variable taille de l'entreprise sont significatifs et positifs sur les décisions de faire du R&D externe et d'acquérir des M&L.

### 4.2.3 Étape II : Equations des outputs d'innovation

#### 4.2.3.1 Equations et méthode d'estimation

Nous mesurons l'output d'innovation par quatre variables : l'innovation en produit ( $I\_pdt$  : innovation ou amélioration significative de biens et services), l'innovation en procédé ( $I\_pcd$  : changement dans les méthodes de production ou de distribution), l'innovation en organisation ( $I\_org$  : changement dans les stratégies managériales, l'organisation du travail ou les relations extérieurs) et l'innovation en marketing ( $I\_mkg$  : changement dans la conception du produit, l'emballage, le placement ou la politique de prix). Étant donnée la nature dichotomique de ces variables, et leurs interdépendances, nous recourons à un modèle Probit multivarié pour estimer le modèle à quatre équations simultanées (une équation pour chaque type d'innovation) :

$$I\_pdt_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I\_pdt_i^* > 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$I\_pcd_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I\_pcd_i^* > 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$I\_org_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I\_org_i^* > 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

$$I\_mkg_i = \begin{cases} 1 & \text{si } I\_mkg_i^* > 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

Nous expliquons les variables latentes d'innovation ( $I\_pdt^*$ ,  $I\_pcd^*$ ,  $I\_org^*$  et  $I\_mkg^*$ ) par les dépenses prévisionnelles en R&D interne et externe et en acquisition de machines et logiciels ainsi que par les moyens de protection formelle et stratégique, l'appartenance à un groupe, la coopération, la taille et les dummies sectorielles de premier niveau (NES 16).

$$\begin{cases} I_{pdt}^* &= \widehat{RDI}\gamma_1 + \widehat{RDE}\theta_1 + \widehat{ML}\tau_1 + X'_{1i}\delta_1 + u_{1i} \\ I_{pcd}^* &= \widehat{RDI}\gamma_2 + \widehat{RDE}\theta_2 + \widehat{ML}\tau_2 + X'_{2i}\delta_2 + u_{2i} \\ I_{org}^* &= \widehat{RDI}\gamma_3 + \widehat{RDE}\theta_3 + \widehat{ML}\tau_3 + X'_{3i}\delta_3 + u_{3i} \\ I_{mkg}^* &= \widehat{RDI}\gamma_4 + \widehat{RDE}\theta_4 + \widehat{ML}\tau_4 + X'_{4i}\delta_4 + u_{4i} \end{cases}$$

Cette spécification en Probit multivarié permet de prendre en considération en premier lieu le fait que les différents types d'innovation peuvent être déterminés simultanément. En deuxième lieu l'introduction des dépenses prévisionnelles d'innovation permet d'utiliser les données de toutes les firmes et non pas seulement de celles qui ont déclaré leurs dépenses. En troisième lieu, elle permet par l'instrumentation des inputs d'innovation la correction du problème d'endogénéité (Robin et Mairesse,



2008 ; Polder et al, 2010).

Nous recourons à la méthode de maximum de vraisemblance simulé en utilisant le simulateur GHK (Train, 2003) pour estimer ce modèle Probit multivarié.

#### **4.2.3.2 Résultats d'estimation**

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

TABLE 4.3 – Estimation des outputs d'innovation

| Variables                           | Lpdt               | Lpcd               | Lorg               | Lmkg               |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                                     | coef               | coef               | coef               | Coef               |
| $\widehat{RDI}$                     | 0.42<br>(0.04)***  | 0.47<br>(0.03)***  | 0.21<br>(0.03)***  | 0.11<br>(0.03)***  |
| $\widehat{RDE}$                     | -0.02<br>(0.04)    | -0.20<br>(0.03)*** | -0.04<br>(0.03)    | -0.11<br>(0.02)*** |
| $\widehat{ML}$                      | -0.23<br>(0.04)*** | 0.24<br>(0.04)***  | 0.08<br>(0.03)***  | 0.08<br>(0.03)**   |
| prot_strat                          | -0.12<br>(0.07)*   | -0.41<br>(0.06)*** | 0.008<br>(0.05)    | -0.13<br>(0.05)**  |
| prot_form                           | -0.13<br>(0.09)    | -1.02<br>(0.08)*** | -0.14<br>(0.07)**  | 0.31<br>(0.07)***  |
| taille                              | -0.03<br>(0.02)    | -0.02<br>(0.02)    | 0.05<br>(0.01)***  | 0.01<br>(0.01)     |
| Gpe                                 | -0.47<br>(0.08)*** | -0.33<br>(0.08)*** | -0.21<br>(0.07)*** | -0.34<br>(0.07)*** |
| Coop                                | 0.11<br>(0.07)     | 0.05<br>(0.06)     | 0.10<br>(0.06)*    | 0.04<br>(0.05)     |
| agri_alim                           | -0.16<br>(0.34)    | -0.24<br>(0.28)    | 0.15<br>(0.22)     | 0.13<br>(0.22)     |
| biens de consom                     | -0.006<br>(0.34)   | -0.18<br>(0.27)    | 0.24<br>(0.22)     | -0.0008<br>(0.22)  |
| Automobile                          | 0.05<br>(0.35)***  | -0.32<br>(0.28)    | 0.09<br>(0.23)     | -0.68<br>(0.24)*** |
| Equipement                          | 0.14<br>(0.34)     | -0.48<br>(0.28)*   | 0.23<br>(0.22)     | -0.32<br>(0.22)    |
| Biens Interméd                      | -0.04<br>(0.34)    | -0.23<br>(0.27)    | -0.18<br>(0.21)    | -0.36<br>(0.22)*   |
| Energie                             | -0.35<br>(0.38)    | 0.26<br>(0.30)     | 0.41<br>(0.24)*    | -0.36<br>(0.25)    |
| Cons                                | 0.71<br>(0.62)     | 1.02<br>0.53**     | -0.53<br>(0.47)    | 0.55<br>(0.45)     |
| rho21                               |                    |                    | 0.01<br>(0.03)     |                    |
| rho31                               |                    |                    | 0.03<br>(0.02)     |                    |
| rho41                               |                    |                    | 0.14<br>(0.02)***  |                    |
| rho32                               |                    |                    | 0.33<br>(0.02)***  |                    |
| rho42                               |                    |                    | 0.09<br>(0.02)***  |                    |
| rho43                               |                    |                    | 0.30<br>(0.02)***  |                    |
| Test de Wald de $H_0 : \beta = 0fg$ |                    |                    |                    | 5803.49***         |
| Test de LR $H_0 : rho_{ij} = 0$     |                    |                    |                    | 376.865***         |
| N                                   |                    |                    |                    | 5173               |

### 4.2.3.3 Interprétation des résultats

Nos résultats suggèrent que les différents types d'innovation ne sont pas déterminés de la même manière. L'investissement en R&D interne agit positivement et significativement sur les quatre types d'innovation. Cet effort de R&D interne est

présenté dans la littérature comme le déterminant le plus traditionnel de la capacité innovatrice des entreprises. En effet, les investissements en R&D constituent le principal mécanisme de développement des compétences technologiques (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998 ; 2000). Ces compétences reposent sur un processus d'apprentissage fondé sur les ressources techniques et l'effort des unités de recherche internes de la firme.

Cependant, nos résultats suggèrent que l'investissement en R&D externe n'a aucun effet significatif sur les innovations en produit et organisationnelles et qu'il a un effet significatif négatif sur les probabilités d'innover en procédés et en marketing. Ce résultat est un peu contre intuitif mais il peut être expliqué par le fait que l'externalisation des activités de R&D implique des coûts élevés qui se répercutent négativement sur la capacité d'innovation surtout en organisation et en marketing. En outre, nous soulignons que l'achat de machines et logiciel a un effet positif et significatif sur les innovations en procédés, organisationnelles et en marketing mais négatif sur les innovations en produit. Il s'avère alors que les entreprises françaises exploitent leurs investissements en automatisation et en informatisation plus pour ces trois types d'innovation que pour l'innovation en produit.

Nous constatons également que les effets directs de l'adoption des moyens de protection de la propriété sur les probabilités des différents types d'innovation sont négatifs. Nous remarquons la même chose pour la variable appartenance à un groupe. Donc nous pouvons dire que ces deux facteurs ne favorisent l'innovation qu'indirectement à travers les activités de R&D.

Nos résultats suggèrent en plus que la taille a un effet direct significatif et positif sur l'innovation organisationnelle. Ainsi, plus la taille de l'entreprise est grande,

plus la probabilité d'améliorer et de moderniser son architecture organisationnelle est importante. De même, la coopération technologique, n'agit positivement et significativement que sur l'innovation organisationnelle pour les entreprises françaises, son effet direct sur les autres types d'innovation est non significatif.

Nos résultats montrent aussi que la majorité<sup>1</sup> des coefficients de corrélation entre les quatre équations ( $\rho_{ij}$ ) sont significativement différents de zéro ce qui témoigne de l'interdépendance et de la simultanéité des innovations technologiques et non technologiques (Brynjofsson and Hitt, 2000; Bresnahan, Brynjofsson and Hitt, 2002; Greenan and Mairesse, 2004). Cette constatation justifie également le recours au modèle Probit multivarié (Mairesse et Robin, 2008; Polder et al, 2010) au lieu de l'utilisation de modèles Probit indépendants tel était le cas dans le travail de Griffith et al. (2006).

#### 4.2.3.4 Interdépendance entre les différents types d'innovation

Afin de prendre en considération cette relation d'interdépendance entre les différents types d'innovation, nous proposons d'étudier l'existence d'éventuelles relations de complémentarité entre les innovations technologiques et non technologiques et ce par l'estimation de l'équation d'output d'innovation pour chaque combinaison possible d'innovations. Or, nous avons quatre types d'innovation (variables dichotomiques) donc nous avons 16 combinaisons possibles (0000, 1000, 0100, 0010, 0001, 1100, 0101, 1010, 0110, 0011, 1001, 1011, 1101, 0111, 1110, 1111). Nous présentons dans les tableaux suivants les résultats d'estimation pour chaque combinaison :

---

1. Seuls deux, sur les six coefficients de corrélation sont non significatifs (innovation produit-procédé et innovation produit-organisation) ce qui implique que l'innovation produit ne parvient pas simultanément et d'une manière significative avec l'innovation en procédé et l'innovation organisationnelle. Cette constatation de change pas notre résultat sur l'interdépendance et la simultanéité des innovations technologiques (produit, procédé) et non technologique (organisation, marketing) puisque tous les autres coefficients sont significatifs.

TABLE 4.4 – Estimation de chaque combinaison possible d'innovations

| Variables                               | 0000      | 1000       | 0100       | 0010      | 0001       | 1100      | 0101     | 1010      |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
| $\widehat{RDI}$                         | -0.28***  | 0.09*      | 0.18**     | -0.05     | -0.29***   | 0.09      | 0.001    | -0.02     |
| $\widehat{RDE}$                         | 0.14***   | -0.02      | -0.10      | 0.03      | -0.14**    | -0.06     | -0.29*** | -0.01     |
| $\widehat{ML}$                          | 0.001     | -0.19      | 0.21***    | 0.24**    | 0.26***    | -0.06     | 0.31**   | -0.24***  |
| prot_strat                              | 0.18**    | -0.42      | -0.65***   | 0.28***   | 0.03       | -0.12     | -0.57*** | -0.06     |
| prot_form                               | 0.24***   | -0.23*     | -0.90***   | 0.05      | 0.63***    | -0.44***  | -0.37    | -0.12     |
| taille                                  | -0.03     | -0.10***   | -0.07**    | 0.09***   | -0.02      | -0.03     | -0.04    | -0.09***  |
| Gpe                                     | -0.05     | -0.33**    | 0.26       | -0.17     | -0.31      | -0.06     | -0.02    | 0.11      |
| Coop                                    | -0.35***  | -0.16*     | -0.20      | -0.34**   | 0.12       | 0.05      | -0.04    | 0.12      |
| agri_alim                               | -0.55***  | 3.54***    | 3.43***    | 0.64      | 3.81***    | -0.45     | -0.57    | -0.63*    |
| consom                                  | -0.59***  | 3.81***    | 3.21***    | 0.74*     | 3.67***    | -0.38     | -0.36    | -0.50     |
| AUTO                                    | -0.37     | 4.05***    | 3.36***    | 0.82*     | 3.52***    | 0.009     |          | -0.47     |
| EQUIP                                   | -0.48**   | 4.04***    | 3.20***    | 0.87*     | 3.44***    | -0.30     | -0.89*   | -0.19     |
| INTERM                                  | -0.44**   | 3.94       | 3.52***    | 0.85*     | 3.48***    | -0.26     | -0.84*   | -0.42     |
| ENERG                                   | -0.64**   | 4.32       | 3.70***    | 0.91**    | 3.35***    | -0.84     |          | -1.00*    |
| cons                                    | -2.16***  | -3.51      | -4.90***   | -4.93***  | -4.58***   | -0.21     | 1.11     | 0.63      |
| Test de Wald de « H0 :<br>$\beta = 0$ » | 750.89*** | 2319.93*** | 1099.64*** | 390.09*** | 1127.28*** | 149.45*** | 56.12*** | 177.11*** |
| $R^2$                                   | 0.41      | 0.12       | 0.10       | 0.20      | 0.18       | 0.11      | 0.10     | 0.14      |
| N                                       | 5173      | 5173       | 5173       | 5173      | 5173       | 5173      | 4706     | 5173      |

| Variables                               | 0110      | 0011      | 1001      | 1011      | 1101      | 0111      | 1110      | 1111      |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $\widehat{RDI}$                         | 0.24***   | 0.006     | 0.01      | 0.07      | 0.04      | 0.19***   | 0.19***   | 0.29***   |
| $\widehat{RDE}$                         | -0.09**   | 0.01      | -0.21***  | -0.02     | -0.14**   | -0.25***  | -0.12***  | -0.14***  |
| $\widehat{ML}$                          | 0.23***   | 0.27***   | -0.002    | -0.21***  | -0.03     | 0.38***   | -0.02     | 0.05      |
| prot_strat                              | -0.42***  | 0.11      | -0.05***  | -0.21**   | -0.17     | -0.50***  | -0.14*    | -0.19***  |
| prot_form                               | -0.95***  | 0.62***   | -0.10**   | 0.24*     | -0.35**   | -0.65***  | -0.67***  | -0.13     |
| taille                                  | -0.14***  | 0.05*     | -0.30*    | -0.08***  | -0.06     | -0.08**   | -0.007    | -0.05**   |
| Groupe                                  | 0.26**    | -0.01     | -0.07     | -0.35***  | -0.16     | -0.27*    | -0.37***  | -0.61***  |
| Coop                                    | -0.15***  | -0.50***  | 0.008     | -0.12     | -0.18     | -0.01     | 0.04      | 0.12*     |
| agri_alim                               | 0.22***   | 0.43      | 0.01      | 0.27      | -0.04     | -0.38     | 0.008     | -0.28     |
| consom                                  | 0.41      | 0.27      | -0.11     | 0.27      | -0.14     | -0.40     | 0.13      | -0.28***  |
| AUTO                                    | 0.19      | 0.10      | -0.38     | -0.07     |           | -0.95***  | 0.68***   | -0.76**   |
| EQUIP                                   | 0.15      | 0.27      | -0.53     | 0.26      | -0.35     | -0.85***  | 0.25      | -0.45     |
| INTERM                                  | 0.32      | 0.18      | -0.65     | 0.04      | -0.22     | -0.80***  | 0.32*     | -0.43     |
| ENERG                                   | 1.01**    | -0.16     | -0.34     | -0.09     |           | -0.21     |           | -0.22     |
| Cons                                    | -1.57**   | -4.73     | 1.99**    | -0.24     | 0.90      | 0.52      | 0.07      | 0.03      |
| Test de Wald de « H0 :<br>$\beta = 0$ » | 250.66*** | 172.43*** | 193.38*** | 185.87*** | 114.62*** | 151.15*** | 567.19*** | 801.58*** |
|   |           |           |           |           |           | 0.09      |           |           |
| Pseudo $R^2$                            | 0.09      | 0.16      | 0.15      | 0.14      | 0.11      | 0.09      | 0.20      | 0.30      |
| N                                       | 5173      | 5173      | 5173      | 5173      | 4706      | 5173      | 5173      | 5173      |

Nous allons utiliser les valeurs prédites de ces estimations pour déterminer l'effet de chaque combinaison possible d'innovations sur la productivité et comparer l'effet marginal de l'adoption de chaque type d'innovation mis en œuvre séparément avec l'effet marginal de son adoption simultanée avec les autres types (Polder et al, 2010). En effet, La complémentarité entre deux variables ou deux stratégies existe si “faire plus de l'une accroît les rendements obtenus en faisant plus de l'autre” (Milgrom and Roberts, 1990, 1995 ; Holmstrom and Roberts, 1998).

#### **4.2.4 Étape III : Equation de la productivité**

##### **4.2.4.1 Méthode et résultats d'estimation**

Dans cette étape, nous mesurons l'impact de l'adoption séparée et conjointe des différents types d'innovation sur la productivité. Nous utilisons les moindres carrés ordinaires pour estimer la productivité du travail (log du chiffre d'affaire par employé) par les probabilités prédites de chaque type d'innovation dans un premier modèle (M1) ensuite les probabilités prédites de chaque combinaison d'innovations dans un deuxième modèle (M2) :

TABLE 4.5 – Estimation de la productivité

| Variables                             | Productivité (M1) |            | Productivité (M2) |            |
|---------------------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
|                                       | Coef              | Ecart Type | Coef              | Ecart Type |
|                                       |                   | Robuste    |                   | Robuste    |
| P (inn_pdt)                           | -0.40             | 0.11***    |                   |            |
| P(inn_pcd)                            | 0.27              | 0.14*      |                   |            |
| P(inn_org)                            | 0.57              | 0.25**     |                   |            |
| P(inn_mkg)                            | 0.42              | 0.14***    |                   |            |
| Taille                                | 0.07              | 0.01***    | 0.09              | 0.01***    |
| p_0000                                |                   |            | -0.07             | -0.13      |
| p_1000                                |                   |            | -2.97             | 0.71***    |
| p_0100                                |                   |            | 0.35              | 1.30***    |
| p_0010                                |                   |            | -0.32             | 0.47       |
| p_0001                                |                   |            | -0.30             | 0.70       |
| p_1100                                |                   |            | 2.80              | 3.48       |
| p_0101                                |                   |            | 7.51              | 3.36**     |
| p_1010                                |                   |            | 2.15              | 1.15*      |
| p_0110                                |                   |            | 2.09              | 0.94**     |
| p_0011                                |                   |            | 1.58              | 0.67***    |
| p_1001                                |                   |            | -1.55             | 1.24       |
| p_1011                                |                   |            | 3.60              | 1.07***    |
| p_1101                                |                   |            | -3.52             | 1.04***    |
| p_0111                                |                   |            | -1.70             | 1.18       |
| p_1110                                |                   |            | -1.12             | 0.96       |
| p_1111                                |                   |            | 0.61              | 0.25***    |
| agri_lalim                            | 0.41              | 0.22**     | 0.62              | 0.24***    |
| consom                                | -0.09             | 0.22       | 0.06              | 0.24       |
| AUTO                                  | 0.25              | 0.22       | 0.53              | 0.24**     |
| EQUIP                                 | -0.0003           | 0.22       | 0.12              | 0.24       |
| INTERM                                | 0.07              |            | 0.27              | 0.24       |
| ENERG                                 | 0.73              | 0.21       | 1.01              | 0.26***    |
| Constant                              | 4.31              | 0.23***    | 4.26              | 0.27***    |
|                                       |                   | 0.22***    |                   |            |
| Test de Wald de « $H_0 : \beta = 0$ » |                   | 83.91***   |                   | 45.71***   |
| $R^2$                                 |                   | 0.15       |                   | 0.16       |
| N                                     |                   | 5172       |                   | 5172       |

#### 4.2.4.2 Interprétation des résultats

Les résultats issus de l'estimation du premier modèle (M1) montrent que les innovations en procédés, organisationnelle et en marketing ont des effets significatifs positifs sur la productivité des entreprises françaises. En fait, nos résultats suggèrent que les changements des méthodes de production, de l'architecture organisationnelle ou encore de marketing (modifications significatives du design, de l'emballage ou des méthodes de ventes et de distribution) sont plus rentables que l'introduction de produits nouveaux ou significativement améliorés. L'amélioration des conditions de travail et l'instauration de systèmes de gestion de connaissances appropriés favorisent le rendement des employés ce qui se répercute directement sur la productivité de l'ensemble de l'organisation.

Si nous observons maintenant l'estimation du deuxième modèle (M2) introduisant toutes les combinaisons possibles d'innovation, nous constatons que les innovations en produit et en procédé favorisent mieux la productivité si elles sont accompagnées par des innovations organisationnelles et en marketing et vice versa. Ce résultat est cohérent avec d'autres études telles que celle de Polder et al. (2010) dans laquelle ils ont montré que les innovations en produit et procédé ont des effets positifs sur la productivité seulement si elles sont accompagnées par des innovations organisationnelles et ce aussi bien pour le secteur industriel que de services.

En effet, les effets positifs sur la productivité, les plus importants dans notre estimation sont associés à un couplage entre une innovation en procédé et une innovation en marketing (coefficient de 7.51) ensuite à un assemblage entre une innovation en produit, une innovation organisationnelle et une innovation en marketing (coefficient de 3.60) alors que leurs adoptions séparées n'ont pas des effets positifs significatifs. Nous remarquons également que l'accompagnement d'une innovation organisation-



nelle par une innovation en produit ou une innovation en procédé génère des gains significatifs et importants en terme de productivité du travail (coefficients respectifs de 2.15 et de 2.09). Cependant, en absence d'innovation organisationnelle, l'association entre les innovations en produit, en procédé et en marketing risque d'avoir un effet négatif sur le chiffre d'affaire par employé. Ce résultat peut s'expliquer par une démotivation des employés ou par une augmentation non proportionnelle ou un décalage entre les coûts de mise en œuvre de ces innovations et les ventes des produits nouveaux.

Enfin, nos résultats suggèrent que l'hypothèse classique de l'impact positif des économies d'échelles sur la rentabilité est corroborée vu le coefficient significativement positif de la variable taille de l'entreprise dans les deux modèles. La productivité dépend aussi du secteur d'activité de la firme. Les industries françaises les plus rentables, selon cette étude, sont l'industrie agro-alimentaire et l'industrie énergétique.

### **4.3 Conclusions**

L'objectif de ce chapitre était de faire une extension du modèle de Crépon, Duguet et Mairesse (1998, 2000) qui consiste d'abord à introduire les investissements en R&D externe et en machines et logiciels en plus des investissements classiques en R&D interne comme input d'innovation, puis à introduire les innovations organisationnelles et de marketing comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit et en procédé. Ainsi, pour étudier le rendement de l'activité d'innovation des entreprises françaises (données de la CIS 2006), nous avons utilisé un modèle composé de trois blocs d'équations structurelles.

Le premier bloc est consacré à l'input de l'innovation. Il considère trois types d'investissements : en R&D interne, en R&D externe et en machines & logiciels. Nous avons estimé la fonction d'investissement par un modèle Tobit généralisé type II composé de deux équations (une pour la décision d'investir et l'autre pour le montant d'investissement) et permettant de corriger le problème de sélection. Nos résultats suggèrent que les décisions de faire de la R&D et d'acquérir des machines et des logiciels dépendent de la confrontation de l'entreprise à la concurrence internationale, de son recours aux moyens de protection de la propriété, de l'impulsion de la demande et de sa taille. Ils montrent également que les montants investis sont déterminés par l'appartenance à un groupe, la coopération technologique, les sources d'information et le financement public.

Les valeurs prédites des investissements ont été par la suite introduites dans le deuxième bloc relatif à l'output de l'innovation qui permet d'approximer les probabilités d'innover en produit, en procédé, en organisation et en marketing par un modèle probit multivarié à quatre équations simultanées (une équation pour chaque type d'innovation). Ce deuxième modèle est estimé par la méthode de maximum de vraisemblance simulé en utilisant le simulateur GHK. Nos résultats suggèrent que les différents types d'innovation ne sont pas déterminés de la même manière.

En effet, l'investissement en R&D interne est le facteur le plus favorable aux quatre types d'innovation pour les entreprises françaises. La probabilité d'innover en procédés est favorisée en plus par l'achat de machines et logiciels. En ce qui concerne la probabilité de faire une innovation organisationnelle, elle est affectée positivement en plus des investissements en R&D interne et en achat de M&L, par la taille de l'entreprise. Plus la taille de la firme est élargie, plus elle est incitée à moderniser son architecture organisationnelle. Nos résultats suggèrent également que la probabilité

d'innover en marketing est favorisée en plus des investissements en R&D interne et en achat de M&L par l'adoption des moyens de protection formelle (brevets, dessins, modèles, marques. . .).

Ainsi, notre étude montre que plusieurs politiques propres à l'entreprise (investissement en R&D et en informatisation, coopération technologique, recours aux moyens de protection de la propriété) ou pouvant être menées par l'Etat (financement public) incitent l'activité d'innovation.

La majorité des coefficients de corrélation entre les quatre équations sont significatifs ce qui témoigne de l'interdépendance et de la simultanéité des innovations technologiques et non technologiques.

Enfin, dans la troisième étape, nous avons mesuré l'impact de l'adoption séparée et conjointe des différents types d'innovation sur la productivité. Nous avons utilisé les moindres carrés ordinaires pour estimer la productivité du travail en fonction des probabilités prédites de chaque type d'innovation dans un premier modèle ensuite les probabilités prédites de chaque combinaison possible d'innovation dans un deuxième modèle. Les deux modèles montrent que les innovations en procédés, organisationnelles et en marketing ont des effets significatifs positifs sur la productivité des entreprises françaises.

Il est avéré également que les innovations en produit et en procédé favorisent mieux la productivité si elles sont accompagnées par des innovations organisationnelles et en marketing et vice versa. Toutefois, nous devons souligner la non prise en compte de la composante temporelle nécessaire pour la bonne compréhension du processus d'accumulation des compétences pour innover. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

## CHAPITRE 5

# L'ASPECT DYNAMIQUE DE L'ACTIVITÉ D'INNOVATION

### 5.1 Introduction

Les modèles statiques de l'activité d'innovation tel que celui que nous avons développé dans le chapitre précédent et qui était une extension d'une large littérature sur le rendement de l'innovation (Crépon, Duguet et Mairesse, 2000; Mairesse et Mohnen, 2003; Galia et Legros, 2004; Giessel et Boekholt, 2005) ne permettent pas de prendre en considération l'importance du facteur temporel pour l'acquisition et l'accumulation des compétences technologiques et organisationnelles pour innover et pour le lancement effectif des entreprises dans une activité d'innovation qui soit rentable.

Selon Cefis et Ciccarelli (2005), la persistance de l'intensité de l'output d'innovation peut expliquer la persistance de la performance économique. En effet, il y a un décalage entre d'une part l'investissement en R&D, la coopération inter-firmes et la mise en œuvre des changements organisationnels et d'autre part l'acquisition et la diffusion des compétences pour innover. En outre, les innovations passées génèrent des profits et des compétences qui peuvent stimuler le lancement des activités d'innova-

vation courantes (Griffith et Harvey, 2001 ; Duguet et Monjon, 2002). Ainsi, il serait plus pertinent d'utiliser des données de panels dynamiques et d'introduire des variables endogènes et exogènes retardées. L'objectif de ce chapitre est alors d'analyser la relation entre R&D-innovation-productivité d'une manière dynamique en utilisant un panel de données non cylindrés de trois vagues de CIS françaises (1998-2000 ; 2002-2004 ; 2004-2006). Nous allons ainsi pouvoir étudier la persistance de l'innovation qui consiste à voir si les innovations proviennent des mêmes entreprises sur les trois périodes d'analyse.

Nous nous interrogeons sur l'effet des activités de R&D et d'innovations passées sur les activités de R&D et d'innovations présentes. En d'autres termes si le succès engendre le succès ("success breeds success") en innovation. Est-ce que le succès dans les innovations passées accroît la probabilité de succès des innovations présentes ? Nous voulons savoir si les innovations proviennent des mêmes entreprises (Romer, 1990 ; Aghion et al, 1997) ou s'il y a un phénomène de destruction créatrice (Aghion et Howitt, 1992). Nous cherchons également à déterminer la durée de l'effet de la mise en œuvre des différents types d'innovation sur la productivité. En d'autres termes : l'effet de l'innovation sur la productivité est-il immédiat ou nécessite du temps pour être observable.

## 5.2 Revue de la littérature

Plusieurs études théoriques et empiriques ont été menées pour analyser le mécanisme de la dynamique de l'innovation.

## 5.2.1 Arguments économiques de la persistance d'innovation

Lors de notre examen de la littérature économique sur la persistance d'innovation, nous avons souligné que les explications relatives à la dynamique de l'activité d'innovation peuvent être regroupées sous trois principales rebriques :

### 5.2.1.1 Le succès engendre le succès

La première explication est donnée par l'hypothèse célèbre stipulant que le succès engendre le succès (*success breeds success*). Cette approche est fondée sur des arguments différents dans la littérature. A titre d'exemple, Mansfield (1968) et Stoneman (1983) ont souligné que le succès de l'innovation d'une entreprise élargit ses possibilités technologiques qui rendent le succès de l'innovation ultérieure plus probable. L'explication donnée par Phillips (1971) est que les innovations réussies affectent positivement les conditions d'innovations futures via un pouvoir de marché ascendant et permanent des premiers innovateurs.

L'existence de contraintes financières (Nelson et Winter, 1982) constitue un troisième argument de cette approche. En effet, la recherche de sources externes de financement peut être plus coûteuse que le recours à ou le réinvestissement des profits passés. Ce coût élevé est due à l'existence d'asymétries d'information entre l'innovateur et les investisseurs financiers externes et le risque de défaillance d'un projet d'innovation. Les entreprises se trouvent incitées dans ce genre de situation à financer leurs projets d'innovation au moyen de fonds internes (Stiglitz and Weiss, 1981). Les innovations réussies fournissent un financement interne accru pouvant être utilisé pour financer d'autres innovations (Nelson et Winter, 1982) et leur donnant un avantage compétitif par rapport aux autres firmes (Simon, 1995).

### **5.2.1.2 L'accumulation des connaissances dans le temps**

La deuxième explication est fondée sur l'hypothèse selon laquelle les connaissances s'accumulent au fil du temps et forment des répertoires de routines organisationnelles et dynamiques (Nelson et Winter, 1982). En plus du capital humain, la théorie évolutionniste affirme que les capacités technologiques sont un facteur décisif dans l'explication de l'innovation.

En effet, l'expérience en matière d'innovation est associée à une compétitivité des marchés et une dynamique des rendements croissants ayant la forme de l'apprentissage par la pratique "learnin by doing" (Arrow, 1962) et l'apprentissage par l'apprentissage "learning to learn". Selon cette conception, les firmes apprennent en innovant et développent leurs compétences technologiques et organisationnelles (Dosi et Morengo, 1994). De cette manière, elles améliorent leurs stocks de connaissances et, par conséquent, la probabilité de leurs innovations futures.

D'un autre côté, la capacité d'absorption d'une entreprise est déterminée par le niveau de son stock de connaissances internes et sa capacité à assimiler et intégrer le flux de connaissances externes. Dans ce cas la capacité d'absorption dans une période va permettre une accumulation plus efficace de connaissances externes dans les périodes suivantes (Cohen et Levinthal, 1990). Ainsi, l'aspect cumulatif des connaissances implique un état de dépendance au fil du temps et une persistance dans le comportement de l'innovation (Malerba et Orsenigo, 1993).

### **5.2.1.3 Les coûts irrécupérables**

Le troisième argument en faveur de la persistance de l'activité d'innovation est relatif à l'hypothèse des coûts irrécupérables des investissements en R&D (Manez

Castillejo et al. 2004). En effet, la décision de lancer une activité de R&D est une décision stratégique à long terme. Cette activité appelle des coûts de démarrage importants (construction de département de R&D, acquisition de matériel, recrutement et formation de personnel. . .).

Ces dépenses fixes, une fois investies, ne sont généralement pas recouvrables et elles représentent une barrière à la fois d'entrée et de sortie des activités de R&D. Les coûts élevés irrécupérables peuvent empêcher les non-exécutants de R&D d'entreprendre ce genre d'activités. En même temps les exécutants de R&D sont incités à rentabiliser ces coûts en innovant. Ils représentent ainsi un obstacle à la sortie pour eux, car ils ne sont pas récupérés dans le cas où l'entreprise cesse de faire de la R&D et l'entreprise doit les dépenser à nouveau, si elle décide de lancer de nouveau une activité de R&D dans les périodes futures. Dans ce cas, l'innovation n'est persistante que si la R&D l'est (Cohen et Klepper, 1996).

Cependant, même si les entreprises sont confrontées à des coûts irrécupérables ou en présence de l'accumulation des connaissances grâce à l'innovation, il y a d'autres facteurs qui peuvent les inciter à ne plus innover dans les périodes futures.

En effet, l'entreprise peut se trouver dans cette situation en cas d'absence de l'impulsion de la demande. En d'autres termes, si l'entreprise s'aperçoit que ses consommateurs ne demandent plus de nouvelles innovations en raison de ses précédentes propres innovations en produits ou procédés, elle cessera au moins temporairement d'innover. D'une manière générale, lorsque les conditions de marché sont défavorables, la motivation de la firme à innover sera inhibée. La persistance de l'innovation peut être défavorisée également dans le cas où l'introduction de nouveaux produits ou procédés par un innovateur en place risque de neutraliser le rendement



de ses innovations précédentes (Schumpeter, 1942).

### **5.2.2 Littérature empirique sur la persistance de l'innovation**

La littérature empirique sur la persistance de l'innovation est répartie désormais sur plusieurs axes de recherche. Quelques études se sont focalisées sur les tests des deux hypothèses du Schumpeter (1934, 1942) connues par la “destruction créatrice” et “l'accumulation créatrice” (Cefis et Orsenigo, 2001 ; Cefis, 2003). D'autres, ont examiné l'hypothèse stipulant que “ le succès génère le succès ” (Crépon et Duguet, 1997 ; Geroski et al, 1997). Une troisième orientation consiste à faire une étude comparative entre les industries ou encore les pays en ce qui concerne la persistance de l'innovation (Malerba et Orsenigo, 1999).

Nous présentons dans le tableau suivant une liste loin d'être exhaustive d'études empiriques récentes sur la persistance de l'innovation :

TABLE 5.1 – Liste non exhaustive des travaux sur la persistance de l'innovation

| Etude                                 | Base de données  | Variables et mesure de la persistance   | Méthode d'estimation   | Résultats  |
|---------------------------------------|--|---|--|--|
| Malerba et Orsenigo (1999)            | France, Allemagne, Italie, Japon, Etats Unis et UK 1978-1991 | Demandes de brevets déposées à l'Office Européen de Brevets, effet des brevets retardés                           | Analyse descriptive de la durée du brevetage après l'entrée  | faible persistance   |
| Cefis et Orsenigo(2001)               | France, Allemagne, Italie, Japon, Etats Unis et UK 1978-1993 | Demandes de brevets déposées à l'Office Européen de Brevets, probabilité de rester dans le même état de brevetage | Matrice de probabilité de transition utilisée dans des chaînes de Markov de 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>nd</sup> ordre | Bi-modalité et faible persistance  |
| Duguet et Monjon(2002)                | CIS France 1986-1996   | Innovation produit ou\et procédé, innovation retardée   | Estimation par Maximum de Vraisemblance d'un modèle Probit dynamique sans effets individuels                         | Persistance élevée   |
| Peters (2009)                         | CIS Allemagne (1994, 2002)                                   | Engagement dans les activités d'innovation, activités d'innovation retardées                                      | Estimateur de Woldridge d'un modèle Probit dynamique à effet aléatoire   | Persistance élevée   |
| Musolesi (2007)                       | CIS France 1994-2000 (secteur des services)                  | Innovation en produit et\ou procédé, technologique et\non technologique, innovations passées                      | Modèle statique Logit, estimation par les méthodes en 2 étapes et des moments généralisés du modèle dynamique        | Persistance élevée, l'effet de l'innovation sur la productivité s'estompe assez rapidement dans le temps                   |
| Raymond, Mohnen, Palm et Loeff (2010) | CIS Allemagne (1994, 2002)                                   | Introduction d'innovation en produit et en procédé, intensité d'innovation, innovations passées                   | Estimation par Maximum de Vraisemblance d'un modèle Tobit dynamique  | véritable persistance dans les industries à haute technologie et persistance factice dans la catégorie faible technologie. |

La plupart des études empiriques antérieures sur la persistance de l'innovation sont basées sur des données de brevets (Malerba et Orsenigo, 1999 ; Cefis et Orsenigo, 2001). Ces travaux n'ont pas trouvé une forte persistance des activités d'innovation. Les études basées sur les innovations radicales ont aboutit à des résultats similaires : absence d'une forte persistance de l'innovation (Geroski et al, 1997). En effet la génération d'un brevet ou d'une innovation radicale ne se fait pas souvent et elle engendre des gains exceptionnels qui ont peu de chance à persister sur une longue période.

Par contre la majorité des études plus récentes sont basées plutôt sur des données qualitatives de l'innovation notamment le fait d'innover ou non (Duguet et Monjon, 2002), de s'engager ou non dans une activité de R&D (Peters, 2009) ou encore sur la part de la vente des produits ou procédés nouveau dans le chiffre d'affaire (Raymond, Mohnen, Palm & Loeff, 2010). Les résultats de tous ces derniers travaux suggèrent que les innovations passées favorisent significativement les innovations actuelles, et ce quelle que soit la méthodologie utilisée. Les études qui ont été faites sur l'effet de retour dynamique de la part des ventes des produits nouveaux sur l'investissement en R&D ou les dépenses totales d'innovation sont très rares. A notre connaissance, seulement l'étude de Raymond et al. (2009) a examiné cet effet. Ces auteurs ont trouvé un effet de retour significatif des ventes passées des produits nouveaux sur la R&D et les dépenses totales d'innovation.

Raymond, Mohnen, Palm & Loeff (2010) ont fait leur étude de la persistance de l'innovation des entreprises industrielles allemandes en utilisant les données de panels non cylindrés de quatre vagues de la CIS (94-96, 96-98, 98-2000, 2000-2002). Ils ont utilisé un modèle Tobit type II dynamique tenant compte de l'hétérogénéité inobservée. Ils ont mesuré conjointement l'output d'innovation par l'incidence et l'intensité d'innovation. Leurs principaux résultats sont : une vraie persistance pour

l'incidence et l'intensité de l'innovation relative aux industries de hautes technologies et une fausse persistance pour les industries de faibles technologies. Ils ont trouvé également que le coefficient de la variable retardée est surestimé quand les effets individuels et les conditions initiales ne sont pas correctement pris en compte.

Nous allons nous inspirer de cette littérature pour étudier la dynamique de l'activité de l'innovation des entreprises françaises. Nous voulons étudier la persistance de la relation dynamique entre R&D-innovation-productivité. Notre apport consiste à examiner l'effet des activités de R&D et d'innovations passées sur les activités de R&D et d'innovations présentes et à voir si les innovations proviennent des mêmes entreprises ("success breeds success") ou s'il y a un phénomène de destruction créatrice. Ce modèle dynamique nous permettra aussi de déterminer la durée de l'effet des différents types de l'innovation sur la productivité.

## **5.3 Etude de la persistance de l'activité d'innovation des entreprises françaises**

### **5.3.1 Données**

Nous nous basons sur un panel de données non cylindré de trois vagues de CIS françaises (1998-2000 ; 2002-2004 ; 2004-2006) pour étudier la persistance de la relation dynamique entre R&D-innovation-productivité. Nous restreignons l'analyse aux entreprises qui ont été interrogées au moins deux fois et aux variables qui ont été définies de la même manière.

Chaque enquête correspond à une période. Nous disposons des données de 7016 entreprises françaises ayant participé à la CIS 3 (1998-2000), de 20672 entreprises

ayant participé à la CIS4 (2002-2004) et de 5179 entreprises françaises ayant participé à la CIS 2006 (2004-2006). Nous retenons un panel non cylindré de 4360 observations correspondant aux entreprises ayant participé à au moins 2 enquêtes de CIS. Le panel cylindré à trois périodes contient 1115 observations.

### 5.3.1.1 Répartition sectorielle des trois vagues de CIS

La couverture sectorielle est différente d'une vague de CIS à l'autre. Nous présentons dans le schéma suivant les pourcentages de la répartition sectorielle (à deux niveaux) correspondant aux données de chaque enquête de notre base :

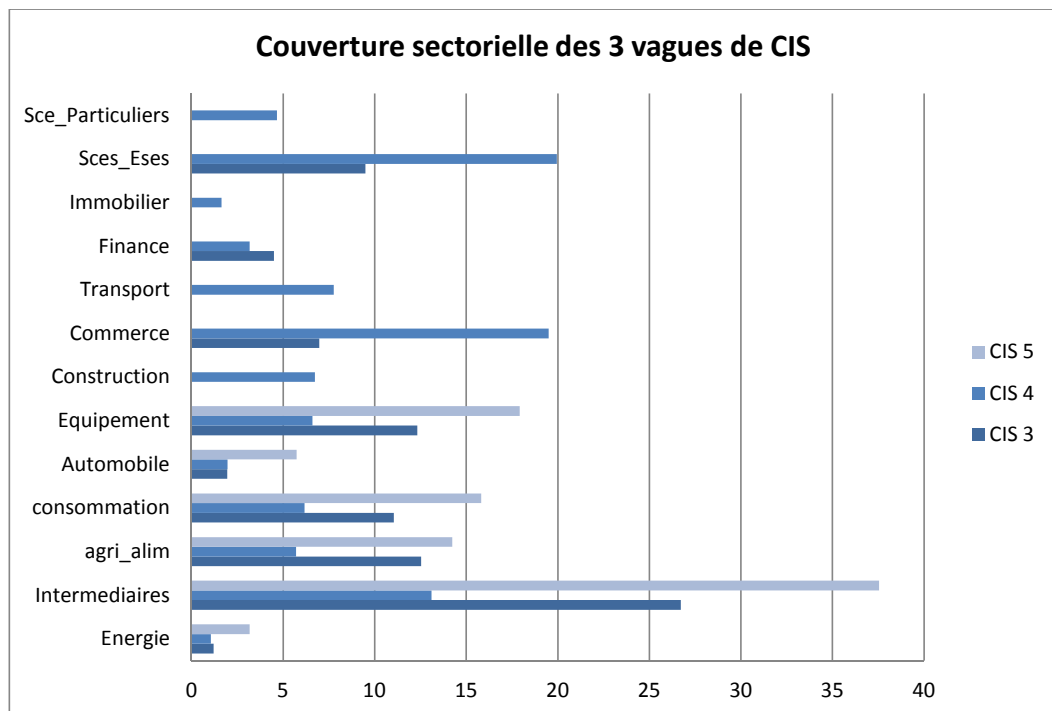


FIGURE 5.1 – couverture sectorielle

Nous remarquons que la majorité des entreprises appartiennent au secteur des biens intermédiaires (26,71% pour la CIS3 et 37,54% pour la CIS5). Par contre, le secteur le plus couvert par la CIS4 c'est le secteur des services pour l'entreprise

(19,94%) suivi de près par le secteur de commerce (19,5%).

Ainsi, l'évolution de la couverture sectorielle pour ces trois CIS françaises a été marquée par la faible participation des entreprises de services à la CIS 2006 par rapport aux deux vagues précédentes. Cette évolution est plus remarquable dans le schéma suivant présentant la répartition selon l'intensité technologique du secteur d'activité et l'appartenance au secteur des services, relative aux trois enquêtes :

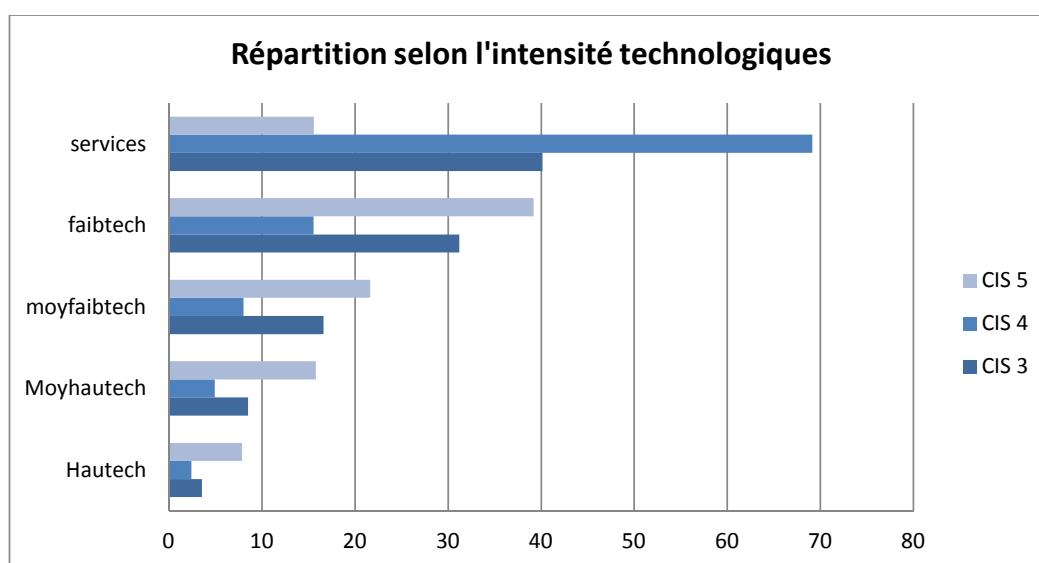


FIGURE 5.2 – Intensité technologique

Nous constatons que 40,15% des entreprises ayant participé à la CIS3 et 69,14% de celles ayant participé à la CIS4 sont des entreprises de services contre seulement 15,58% pour la CIS2006.

Nous remarquons également, d'après la répartition selon l'intensité technologique du secteur d'activité telle que donnée par le tableau de bord de l'OCDE, que les industries à faible technologie sont les plus représentées dans les trois vagues (31,2% pour la CIS3, 15,54% pour la CIS4 et 39,18% pour la CIS5). Les industries à hautes

technologies sont les moins représentées dans les trois enquêtes. Ainsi, il n’y a pas globalement une grande différence dans la répartition selon l’intensité technologique entre les trois vagues. Cette répartition est cohérente aussi avec celle du tissu industriel français.

### 5.3.1.2 Evolution des inputs et des outputs d’innovation pour les trois vagues de CIS

Nous présentons maintenant dans le schéma suivant une comparaison entre les trois vagues de CIS en ce qui concerne les pourcentages d’entreprises ayant lancé une activité d’innovation (R&D interne, R&D externe, achat de machines et logiciels) au cours de la période étudiée :

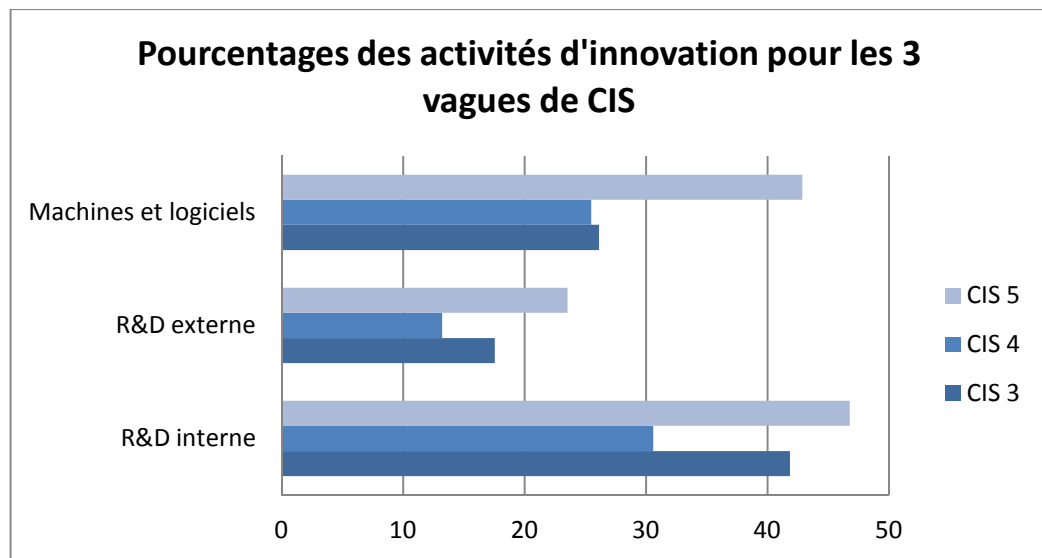


FIGURE 5.3 – Activités d’innovation

Nous constatons que les plus hauts taux d’inputs d’innovation correspondent à la dernière période (2004-2006) relative à la CIS5. En effet, au cours de cette période, 46.77% des entreprises interrogées ont indiqué qu’elles ont une activité de R&D interne, 23.54% ont fait de la R&D externe et 42.88% ont fait des achats de machines

et logiciels. Ces pourcentages pour la période (1998-2000) relative à la CIS3 sont respectivement de : 41.84%, 17.56% et de 26.12%.

En ce qui concerne les outputs d'innovation présentés dans le schéma suivant, nous constatons que les plus grands pourcentages sont associés à l'innovation organisationnelle et ce pour les trois enquêtes. Nous soulignons également une évolution remarquable du pourcentage d'entreprises ayant introduit une innovation en marketing au fil du temps. Ce taux passe de 5,84% pour la CIS3 à 34,18% pour la CIS5. Globalement, nous constatons une augmentation du taux d'entreprises innovantes parmi les entreprises interrogées entre 1998 et 2006 et ce pour les quatre types d'innovations :

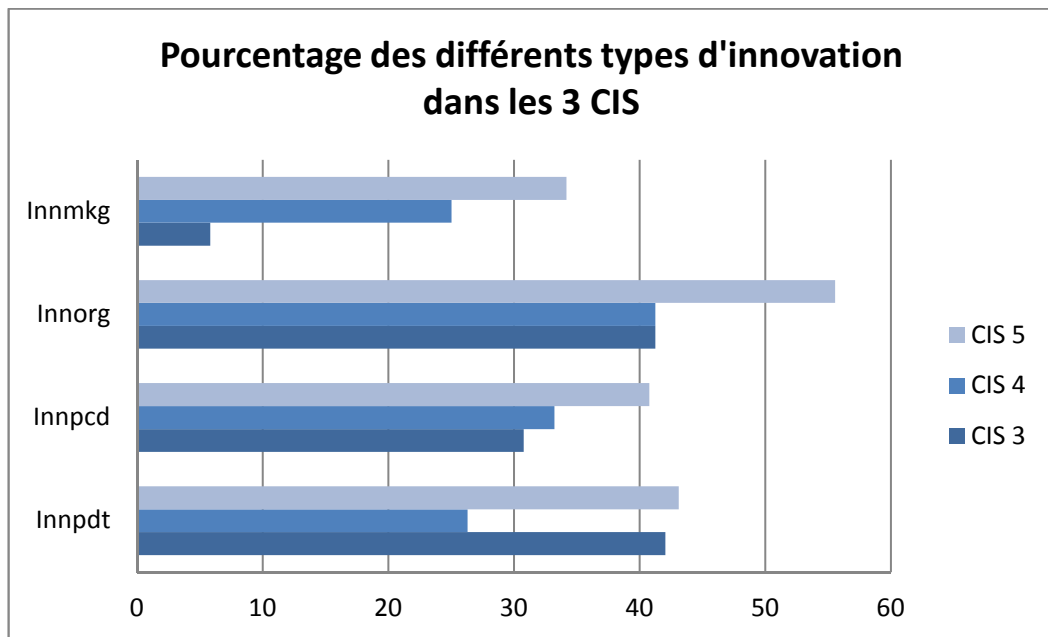


FIGURE 5.4 – Pourcentage des 4 types d'innovation

Nous nous intéressons maintenant à l'étude des probabilités de transition des inputs et des outputs d'innovation.



TABLE 5.2 – Probabilité de transition des inputs d’innovation

|                         | Statut à t                |              |                       |              |
|-------------------------|---------------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Statut à t-1            | <i>Panel non cylindré</i> |              | <i>Panel cylindré</i> |              |
| <i>R&amp;D interne</i>  | oui                       | non          | oui                   | non          |
| oui                     | <b>73.49</b>              | 26.51        | <b>69.39</b>          | 30.61        |
| non                     | 21.56                     | <b>78.44</b> | 14.98                 | <b>85.02</b> |
| <i>R&amp;D externe</i>  |                           |              |                       |              |
| oui                     | <b>79.53</b>              | 20.47        | <b>72.22</b>          | 27.78        |
| non                     | 40.97                     | <b>59.03</b> | 32.84                 | <b>67.16</b> |
| <i>Achat de M&amp;L</i> |                           |              |                       |              |
| oui                     | <b>64.82</b>              | 35.18        | <b>54.62</b>          | 45.38        |
| non                     | 33.56                     | <b>66.44</b> | 27.27                 | <b>72.73</b> |

Le tableau des probabilités de transition montre qu’il existe bien une persistance en matière des inputs d’innovation. En effet, les entreprises qui ont entrepris une activité de R&D ou d’achat de machines et logiciels au cours de la période passée ont plus de chance à le faire au cours de la période présente. Si nous observons le tableau de ces probabilités de transition, nous trouvons que pour toutes les activités et que ce soit dans le panel cylindré ou non cylindré, les pourcentages des entreprises qui n’ont pas changé de statut (oui-oui /non-non) sont tous largement supérieurs aux pourcentages des entreprises qui ont changé de statut (oui-non /non-oui).

De la même manière, nous présentons dans le tableau suivant les probabilités de transition des outputs d’innovation mesurés par les probabilités d’innover en produit, en procédé, en organisation ou en marketing.

TABLE 5.3 – Probabilité de transition des outputs d’innovation

|                | Statut à t                |              |                       |              |
|----------------|---------------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Statut à t-1   | <i>Panel non cylindré</i> |              | <i>Panel cylindré</i> |              |
| <i>Innopdt</i> | oui                       | non          | oui                   | non          |
| oui            | <b>72.60</b>              | 27.40        | <b>68.63</b>          | 31.37        |
| non            | 26.88                     | <b>73.12</b> | 19.69                 | <b>80.31</b> |
| <i>Innpctd</i> |                           |              |                       |              |
| oui            | <b>53.06</b>              | 46.94        | <b>56.88</b>          | 43.12        |
| non            | 32.21                     | <b>67.79</b> | 26.28                 | <b>73.72</b> |
| <i>Innorg</i>  |                           |              |                       |              |
| oui            | <b>65.89</b>              | 34.11        | <b>46.69</b>          | 53.31        |
| non            | 33.28                     | <b>66.72</b> | 27.36                 | <b>72.64</b> |
| <i>Innmkg</i>  |                           |              |                       |              |
| oui            | <b>69.65</b>              | 30.35        | <b>65.01</b>          | 34.99        |
| non            | 37.74                     | <b>62.26</b> | 34.13                 | <b>65.87</b> |

Nous soulignons d’après ce tableau que le statut d’innovation à t est positivement corrélé avec le statut d’innovation à t-1. Plus de 72% des entreprises qui ont innové en produit en t-1 ont introduit également des produits nouveaux en t. Le statut d’innovation en procédé a persisté pour plus de 53% d’entreprises. De même, plus de 65% (respectivement de 69%) des firmes qui ont adopté une innovation organisationnelle (respectivement de marketing) en t-1 ont innové également en t. Plus de 66% (respectivement de 62%) de celles qui n’ont pas adopté ces deux types d’innovation, ont choisis de ne pas innover dans les deux périodes. La différence entre le panel non cylindré et le panel cylindré en ce qui concerne ces pourcentages est non significative.

Ces résultats préliminaires sont donc en faveur d'une forte persistance aussi bien des inputs que des outputs d'innovation pour les entreprises françaises au cours de la période 1998-2006. Cependant, ils nécessitent une validation économétrique qui fera l'objet de la section suivante.

### 5.3.2 Modèle économétrique

Pour étudier la dynamique de la relation R&D-innovation-productivité, nous utilisons la même structure à trois étapes du modèle CDM (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998 ; 2000) exploité dans le chapitre précédent mais avec l'introduction de variables endogènes et exogènes retardées.

Notre apport relativement aux autres travaux faits sur la dynamique de l'activité d'innovation consiste à l'étude de la persistance des inputs et des outputs de l'innovation à la fois. A notre connaissance, Moreno et Huergo (2010) sont les seuls qui ont fait ça mais ils n'ont pas considéré la dynamique de l'intensité des inputs d'innovation (investissements en R&D). En plus, ils n'ont considéré que les innovations en produit et en procédé alors que notre étude considère également les innovations organisationnelles et en marketing.

Ainsi, pour estimer les équations des inputs d'innovation, nous utilisons un modèle Tobit type II dynamique tenant compte de l'hétérogénéité inobservée, du problème de la condition initiale (par la méthode de Wooldridge, 2005) et du problème de sélection (par la méthode de Heckman, 1979). Les équations des outputs d'innovation sont estimées par des modèles Probit dynamiques tenant compte de la même manière de l'hétérogénéité inobservée et du traitement de la condition initiale. Enfin, l'équation de la productivité est estimée par un modèle linéaire de panel.

### 5.3.2.1 Dynamique des inputs d'innovation

#### Equations et variables explicatives

Le premier bloc de notre modèle dynamique est consacré à l'input de l'innovation. Il considère trois types d'investissements : en R&D interne, en R&D externe et en M&L. Nous estimons la fonction d'investissement par un modèle Tobit dynamique type II composé de deux équations (une pour la décision de lancer l'activité et l'autre pour le montant investis) et permettant de corriger le biais de sélection. En effet, dans les trois vagues de CIS, le montant investis est observé seulement si l'entreprise déclare avoir fait une activité de R&D ou acquis des M&L. Pour remédier à ce problème de sélectivité, nous utilisons la méthode à deux étapes de Heckman , utilisée dans le chapitre précédent, et qui consiste à estimer d'abord la première équation de décision (de selection) par un Probit dynamique ensuite à construire le ratio de Mills à partir de l'estimateur de la première étape et l'introduire dans la régression linéaire dynamique du montant investis (Heckman, 1979).

Ainsi nous aurons deux équations dynamiques pour chacun de nos trois inputs d'innovation (R&D interne, R&D externe, achat de machines et logiciels) sous cette forme :

$$D_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } D_{it}^* = \alpha_1 D_{i,t-1}^* + \alpha_2 w'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} > 0, \\ 0 & \text{si } D_{it}^* = \alpha_1 D_{i,t-1}^* + \alpha_2 w'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \leq 0. \end{cases} \quad (1a)$$

$$I_{it} = \begin{cases} I_{it}^* = \beta_1 I_{i,t-1}^* + \beta_2 Z'_{it} + \vartheta_i + e_{it} & \text{si } D_{it} = 1, \\ 0 & \text{si } D_{it} = 0. \end{cases} \quad (1b)$$

$D_{it}$  : variable binaire = 1 si l'entreprise  $i$  a fait une activité d'innovation à la

période  $t$ .

$I_{it}$  : logarithme du montant investi par l'entreprise  $i$  à la période  $t$ .

$D_{it-1}^*$  et  $I_{it-1}^*$  : respectivement la décision et l'investissement retardés de la période précédente. Avec  $i = 1$  à  $N$ ,  $t = 1, \dots, T_i$  (chaque période correspond à une vague de CIS).

Ainsi, l'équation 1a (respectivement 1b) explique la décision actuelle de lancer une activité d'innovation (respectivement le montant investis actuel) par la décision précédente ( $D_{it-1}^*$ ) (respectivement l'investissement précédent  $I_{it-1}^*$ ), les caractéristiques observables de l'entreprise qui peuvent varier ou non dans le temps ( $w_{it}$ ) (respectivement  $Z_{it}$ ), des effets individuels inobservés et invariants dans le temps ( $\mu_i$ ) (respectivement  $\vartheta_i$ ) et d'autres déterminants inobservables et variant dans le temps regroupés dans le terme d'erreur  $\epsilon_{it}$  (respectivement  $e_{it}$ ).

Nous supposons que les  $\epsilon_{it}$  (respectivement  $e_{it}$ ) sont indépendants de  $D_{i0}^*, \dots, D_{i,t-1}^*, w_{it}, \mu_i$  (respectivement de  $I_{i0}^*, \dots, I_{i,t-1}^*, Z_{it}, \vartheta_i$ ) et qu'ils sont iid  $N(0,1)$ .

En nous basant sur la littérature (Robin et Mairesse, 2008 ; Raymond et al., 2010 ; Moreno et Huergo, 2010), nous avons choisis en plus des variables retardées, les variables explicatives ( $Z'_{it}$  et  $w'_{it}$ ) suivantes :

- Moyens de protection : protection formelle (prot\_form) = 1 si l'entreprise utilise les brevets, les dessins et modèles, les marques; et protection stratégique (prot\_stra) = 1 si l'entreprise utilise le secret industriel, la complexité de conception, l'avance technologique sur les concurrents.
- Appartenance à un groupe (Gpe) : variable binaire = 1 si l'entreprise appar-

tient à un groupe.

- Impulsion par la demande ( $Dde\_pull$ ) = 1 si l'effet élargir la gamme de produit et accroître la part de marché est moyen ou important.
- Le classement des industries manufacturières en catégories à forte, moyenne-forte, moyenne-faible et faible intensité technologique a été déterminé en classant les industries selon l'édition 2003 du tableau de bord de l'OCDE de la science, de l'industrie et de la technologie. Cette classification nous permettra d'approximer l'effet de la poussé technologique (Mairesse et Mohnen, 2010).
- Coopération technologique ( $Coop$ ) : variable binaire = 1 si l'entreprise s'est lancée dans une relation de coopération technologique.
- Soutien financier public ( $fin\_pub$ ) = 1 si l'entreprise a reçu au moins une forme de soutien financier public.
- Sources d'information ( $sce\_infoent$ ,  $sce\_infofrs$ ,  $sce\_infoflt$ ,  $sce\_infocon$ ,  $sce\_infouniv$ ) : variables binaires = 1 si l'entreprise utilise des sources internes de l'entreprise ou du groupe, sources fournisseurs, sources clients, sources concurrents, sources université).
- Taille : log du chiffre d'affaire.

### **Traitement de l'hétérogénéité inobservée et des conditions initiales**

Pour estimer l'équation dynamique non linéaire de sélection relative à la décision de lancer chaque input d'innovation, nous sommes confrontés à deux problèmes empi-

riques majeurs : le traitement de l'hétérogénéité inobservée ( $\mu_i$ ) et le traitement des conditions initiales ( $D_{i0}^*$ ).

Le premier problème peut être résolu par le recours à un modèle Probit de panel à effet fixe ou à effet aléatoire. Cependant, il n'y a pas encore une transformation connue permettant d'éliminer  $\mu_i$  pour les modèles dynamiques non linéaires à effet fixe. Même pour les équations dynamiques linéaires d'investissements, les méthodes différentielles permettant d'éliminer les effets fixes ne peuvent pas être appliquées à nos données car la majorité de nos variables sont qualitatives et même celles qui sont quantitatives varient faiblement dans le temps. Donc, si nous appliquons les premières différences, la quasitotalité de ces variables explicatives va être éliminée. Ainsi, étant donné la nature de nos variables, nous adoptons à l'instar de Raymond, Mohnen, Palm et Loeff (2010) une approche à erreurs composés pour traiter les effets individuels. Nous utilisons alors des modèles dynamiques à effets aléatoires (EA) pour contrôler l'hétérogénéité inobservée.

Le deuxième problème survient car la première observation de chaque firme (condition initiale) est endogène puisqu'elle est déterminée par les mêmes facteurs et estimée de la même manière. Pour corriger ce biais, Heckman (1981) a suggéré de commencer par la distribution jointe de  $(D_{i0}^*, \dots, D_{iT}^*) \setminus w_i, \mu_i$  et de spécifier ensuite les distributions de  $D_{i0}^* \setminus w_i, \mu_i$  et de celle de  $\mu_i \setminus w_i$  afin d'éliminer l'effet inobservé.

Alternativement, Wooldridge (2005) a proposé de spécifier la distribution de  $\mu_i \setminus D_{i0}^*, w_i$  de laquelle il est possible de déterminer la densité jointe de  $(D_{i1}^*, \dots, D_{iT}^*) \setminus D_{i0}^*, w_i$ . Nous adoptons cette méthodologie en supposant que l'hétérogénéité individuelle inobservée pour les deux équations de chacun des inputs d'innovation dépend des conditions initiales et des variables strictement exogènes de la manière suivante :

$$\mu_i = a_0 + a_1 D_{i0}^* + a_2 \bar{w}_i + \tau_i \quad (2a)$$

$$\vartheta_i = b_0 + b_1 I_{i0}^* + b_2 \bar{Z}_i + \gamma_i \quad (2b)$$

Avec :  $w_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T w_{it}$  et  $\bar{Z}_i = T^{-1} \sum_{t=1}^T Z_{it}$  indiquant les moyennes temporelles des variables explicatives.

Les termes d'erreurs  $(\tau_i, \gamma_i)'$  sont supposés être indépendamment et identiquement distribués selon des lois Normales de moyennes nulles et de matrice de covariance :

$$\begin{pmatrix} \sigma_\tau^2 & \sigma_{\tau\gamma} \sigma_\tau^2 \sigma_\gamma^2 \\ \sigma_{\tau\gamma} \sigma_\tau^2 \sigma_\gamma^2 & \sigma_\gamma^2 \end{pmatrix}$$

Ainsi, les équations 1a et 1b deviennent de cette forme :

$$D_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } D_{it}^* = \alpha_1 D_{i,t-1}^* + \alpha_2 w'_{it} + a_0 + a_1 D_{i0}^* + a_2 \bar{w}_i + \tau_i + \varepsilon_{it} > 0, \\ 0 & \text{si } D_{it}^* = \alpha_1 D_{i,t-1}^* + \alpha_2 w'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \leq 0. \end{cases} \quad (3a)$$

$$I_{it} = \begin{cases} I_{it}^* = \beta_1 I_{i,t-1}^* + \beta_2 Z'_{it} + b_0 + b_1 I_{i0}^* + b_2 \bar{Z}_i + \gamma_i + e_{it} & \text{si } D_{it} = 1, \\ 0 & \text{si } D_{it} = 0. \end{cases} \quad (3b)$$

## Résultats et interprétations

Nous présentons dans les tableaux suivants les résultats de ces méthodes d'estimation pour chacun des trois inputs d'innovation (R&D interne, R&D externe et achat de



machines et logiciels) :

L'estimation des équations relatives à la R&D interne a donné lieu aux résultats suivants :

TABLE 5.4 – Estimation des équations de R&D interne

| Méthode<br>d'estimation    | Décision<br>de R&D interne  |                              | Investissement<br>en R&D interne            |  |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|
|                            | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) | Tobit Statique<br>généralisé type<br>II (1) | Tobit Dynamique<br>généralisé<br>type II (2) |
| $D_{i,t-1}^*$              |                             | 0.20 (0.16)                  |   |  |
| $I_{i,t-1}^*$              |                             |                              |   | 0.03** (0.02)                                |
| Gpe                        | 0.37*** (0.02)              | 0.15 (0.12)                  | - 0.67*** (0.03)                            | 0.31** (0.13)                                |
| Coop                       |                             |                              | 0.82*** (0.03)                              | 0.49*** (0.10)                               |
| taille                     | 0.12*** (0.008)             | 0.17 (0.11)                  |   |  |
| Sce_infoEnt                |                             |                              | 0.16*** (0.01)                              | 0.91*** (0.04)                               |
| Sce_infoFrs                |                             |                              | 0.06*** (0.01)                              | 0.16*** (0.04)                               |
| Sce_infoflt                |                             |                              | 0.50*** (0.01)                              | 0.17*** (0.05)                               |
| Sce_infocon                |                             |                              | 0.26*** (0.01)                              | 0.04 (0.05)                                  |
| Sce_infofouniv             |                             |                              | 0.58*** (0.02)                              | 0.32*** (0.06)                               |
| prot_strat                 | 1.37*** (0.03)              | 0.69*** (0.09)               | - 2.43*** (0.08)                            | 0.48*** (0.13)                               |
| prot_form                  | 0.93*** (0.02)              | 0.66*** (0.09)               | - 1.53*** (0.06)                            | 0.32*** (0.12)                               |
| ddepull                    | - 0.84*** (0.04)            | - 0.69*** (0.15)             | 2.31*** (0.06)                              | 0.35** (0.18)                                |
| fin_pub                    |                             |                              | 1.22*** (0.03)                              | 0.44*** (0.09)                               |
| haute_tech                 | 0.97*** (0.06)              | 0.53*** (0.14)               | - 1.51*** (0.07)                            | 0.35*** (0.14)                               |
| moyhaut_tech               | 0.72*** (0.04)              | 0.13 (0.09)                  | - 1.07*** (0.05)                            | 0.14 (0.09)                                  |
| moyfaib_tech               | 0.45*** (0.03)              | 0.13 (0.08)                  | - 0.84*** (0.04)                            | - 0.07 (0.09)                                |
| faible_tech                | 0.27*** (0.02)              | - 0.03 (0.07)                | - 0.59*** (0.03)                            | - 0.15** (0.08)                              |
| $\widehat{RDin}$           |                             |                              | 3.39*** (0.07)                              | 0.88*** (0.18)                               |
| Inverse Mills              |                             |                              | 1.79*** (0.08)                              | 1.99*** (0.20)                               |
| constante                  |                             |                              | 0.01 (0.11)                                 | - 3.41 (0.28)                                |
| <b>Condition initiales</b> |                             |                              |   |  |
| $D_{i0}^*$                 |                             | 0.95*** (0.21)               |   |  |
| $I_{i0}^*$                 |                             |                              |   | 0.23*** (0.02)                               |
| M_gpe                      |                             | - 0.16 (0.15)                |   | - 0.06 (0.16)                                |
| M_coop                     |                             |                              |   | 0.01 (0.15)                                  |
| M_taille                   |                             | - 0.09 (0.11)                |   |  |
| M_infoEnt                  |                             |                              |   | - 0.18*** (0.06)                             |
| M_infoFrs                  |                             |                              |   | - 0.15** (0.07)                              |
| M_infoflt                  |                             |                              |   | 0.11 (0.07)                                  |
| M_infocon                  |                             |                              |   | - 0.06 (0.08)                                |
| M_infofouniv               |                             |                              |   | 0.05 (0.09)                                  |
| M_protstrat                |                             | 0.57*** (0.14)               |   | 0.25 (0.16)                                  |
| M_protform                 |                             | 0.29** (0.12)                |   | 0.60*** (0.14)                               |
| M_ddepull                  |                             | 0.11 (0.24)                  |   | 0.28 (0.27)                                  |
| M_finpub                   |                             |                              |   | 0.70*** (0.15)                               |
| N                          | 32045                       | 5132                         | 31321                                       | 5128   |
| Ln L                       | -14768.555                  | -2290.8813                   |   |  |
| Wald-« H0 : $\beta=0$ »    | 2507.86***                  | 386.85***                    | 50314.02***                                 | 10335.73***                                  |

Ainsi, nos résultats suggèrent que la décision actuelle de se lancer dans une activité de R&D interne ne dépend pas d'une manière significative de la décision prise l'année précédente. Mais elle dépend positivement et significativement de la décision initiale ( $D_{i0}^*$ ).

Cependant le montant investis en R&D interne à l'année t est significativement et positivement lié au montant investis à l'année t-1 (0.03). Ce résultat est en faveur d'une persistance de l'investissement en R&D interne. Les entreprises qui ont investis à l'année t-1 sont plus susceptibles de dépenser plus à l'année t. A ce niveau, l'hypothèse des coûts irrécupérables de R&D comme barrières à l'entrée et à la sortie (Manez Castillejo et al, 2004) est bien validée pour l'investissement en R&D interne.

Nous remarquons également que la majorité des coefficients sont surestimés dans les équations statiques.

De la même manière nous présentons les résultats d'estimation des équations relatives à la R&D externe :

TABLE 5.5 – Estimation des équations de R&D externe

| Méthode<br>d'estimation           | Décision<br>de R&D externe  |                              | Investissement<br>en R&D externe            |  |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--|
|                                   | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) | Tobit Statique<br>généralisé type<br>II (1) | Tobit Dynamique<br>généralisé<br>type II (2) |
| $D_{i,t-1}^*$                     |                             | 0.36*** (0.12)               |   |  |
| $I_{i,t-1}^*$                     |                             |                              |   | 0.13*** (0.02)                               |
| Gpe                               | 0.24*** (0.02)              | -0.001 (0.12)                | - 0.16*** (0.02)                            | 0.30** (0.13)                                |
| Coop                              |                             |                              | 0.76*** (0.02)                              | 0.78*** (0.10)                               |
| taille                            | 0.15*** (0.007)             | 0.16* (0.10)                 |   |  |
| Sce_infoEnt                       |                             |                              | - 0.04*** (0.008)                           | 0.24*** (0.04)                               |
| Sce_infoFrs                       |                             |                              | 0.008 (0.01)                                | - 0.04 (0.05)                                |
| Sce_infoflt                       |                             |                              | 0.01 (0.01)                                 | - 0.01 (0.05)                                |
| Sce_infocon                       |                             |                              | 0.14*** (0.01)                              | 0.10* (0.05)                                 |
| Sce_infouniv                      |                             |                              | 0.43*** (0.01)                              | 0.32*** (0.06)                               |
| prot_strat                        | 0.76*** (0.02)              | 0.36*** (0.07)               | - 0.84*** (0.03)                            | -0.08 (0.10)                                 |
| prot_form                         | 0.70*** (0.02)              | 0.46*** (0.09)               | - 0.46*** (0.03)                            | - 0.11 (0.11)                                |
| dde_pull                          | - 0.38*** (0.04)            | - 0.17 (0.14)                | 0.50*** (0.04)                              | 0.35** (0.17)                                |
| fin_pub                           |                             |                              | 0.54*** (0.02)                              | - 0.15*** (0.10)                             |
| haute_tech                        | 0.64*** (0.05)              | 0.36*** (0.11)               | - 0.52*** (0.05)                            | - 0.14 (0.13)                                |
| moyhaut_tech                      | 0.42*** (0.04)              | -0.005 (0.07)                | - 0.35*** (0.03)                            | - 0.11 (0.09)                                |
| moyfaib_tech                      | 0.24*** (0.03)              | 0.10 (0.07)                  | - 0.23*** (0.02)                            | - 0.18** (0.08)                              |
| faible_tech                       | 0.06** (0.03)               | - 0.11* (0.06)               | - 0.16*** (0.02)                            | - 0.16** (0.07)                              |
| $\widehat{RDe}_x$                 |                             |                              | 7.92*** (0.17)                              | 5.3*** (0.32)                                |
| Inverse Mills<br>constante        |                             |                              | 8.41*** (0.21)                              | 6.40*** (0.41)                               |
|                                   |                             |                              | - 4.42 (0.18)                               | - 4.68*** (0.46)                             |
| <b>Conditions initiales</b>       |                             |                              |   |  |
| $D_{i0}^*$                        |                             | 0.15 (0.13)                  |   |  |
| $I_{i0}^*$                        |                             |                              |   | - 0.05*** (0.01)                             |
| M_gpe                             |                             | 0.07 (0.14)                  |   | - 0.20 (0.16)                                |
| M_coop                            |                             |                              |   | 0.19 (0.15)                                  |
| M_taille                          |                             | - 0.00008 (0.10)             |   |  |
| M_infoEnt                         |                             |                              |   | - 0.22*** (0.06)                             |
| M_infoFrs                         |                             |                              |   | - 0.03 (0.06)                                |
| M_infoflt                         |                             |                              |   | 0.06 (0.07)                                  |
| M_infocon                         |                             |                              |   | - 0.15* (0.08)                               |
| M_infouniv                        |                             |                              |   | 0.23*** (0.09)                               |
| M_protstrat                       |                             | 0.55*** (0.11)               |   | -0.44*** (0.15)                              |
| M_protform                        |                             | 0.42*** (0.12)               |   | 0.30** (0.15)                                |
| M_ddepull                         |                             | - 0.12 (0.22)                |   | 0.14 (0.26)                                  |
| M_finpub                          |                             |                              |   | 0.72*** (0.15)                               |
| N                                 | 32042                       | 5132                         | 31325                                       | 5125   |
| Ln L                              | -10721.582                  | -2364.6943                   |   |  |
| Test de Wald - « H0 : $\beta=0$ » | 2360.01***                  | 519.15***                    | 16200.38***                                 | 3662.97***                                   |

Nous soulignons d'après le tableau d'estimation que l'activité des firmes françaises en matière de R&D externe à l'année t dépend significativement et positivement de leur activité à la l'année t-1. En effet, les coefficients des variables retardées sont

positifs et significatifs aussi bien pour l'équation de la décision que celle de l'investissement (respectivement de 0.36 et 0.13 significatifs à 1%). Ainsi, nos résultats sont en faveur d'une forte persistance de la décision et de l'investissement en R&D externe.

Nous présentons maintenant les résultats d'estimation des équations relatives à la décision et l'investissement en achat de machines et logiciels :

TABLE 5.6 – Estimation des équations d’achat de machines et logiciels

| Méthode<br>d’estimation           | Décision<br>d’achat de machines et logiciels |                              | Investissement<br>en machines et logiciels  |  |
|-----------------------------------|--|------------------------------|---|--|
|                                   | Probit à<br>EA Statique (1)                  | Probit à<br>EA Dynamique (2) | Tobit Statique<br>généralisé type<br>II (1) | Tobit Dynamique<br>généralisé<br>type II (2) |
| $D_{i,t-1}^*$                     |  | 0.36*** (0.10)               |   |  |
| $I_{i,t-1}^*$                     |  |                              |   | 0.02 (0.03)                                  |
| Gpe                               | 0.19*** (0.02)                               | - 0.17* (0.09)               | - 0.28*** (0.02)                            | 0.04 (0.15)                                  |
| Coop                              |  |                              | 0.42*** (0.03)                              | 0.32** (0.14)                                |
| taille                            | 0.10*** (0.006)                              | 0.35*** (0.09)               |   |  |
| Sce_infoEnt                       |  |                              | 0.32*** (0.01)                              | 0.41*** (0.05)                               |
| Sce_infoFrs                       |  |                              | 0.49*** (0.01)                              | 0.47 (0.06)                                  |
| Sce_infoflt                       |  |                              | - 0.11*** (0.01)                            | 0.01 (0.06)                                  |
| Sce_infocon                       |  |                              | 0.08*** (0.01)                              | 0.20*** (0.07)                               |
| Sce_infouniv                      |  |                              | - 0.15*** (0.02)                            | - 0.23*** (0.09)                             |
| prot_strat                        | 0.87*** (0.02)                               | 0.48*** (0.07)               | - 0.82*** (0.06)                            | - 0.26* (0.15)                               |
| prot_form                         | 0.51*** (0.02)                               | 0.51*** (0.07)               | - 0.55*** (0.04)                            | - 0.30** (0.15)                              |
| dde_pull                          | - 1.06*** (0.04)                             | - 0.81*** (0.13)             | 0.91*** (0.08)                              | - 0.42* (0.25)                               |
| fin_pub                           |  |                              | 0.24*** (0.03)                              | - 0.25* (0.14)                               |
| haute_tech                        | 0.52*** (0.04)                               | 0.39*** (0.09)               | - 0.54*** (0.06)                            | - 0.18 (0.17)                                |
| moyhaut_tech                      | 0.32*** (0.03)                               | 0.05 (0.06)                  | - 0.41*** (0.04)                            | 0.03 (0.12)                                  |
| moyfaib_tech                      | 0.24*** (0.03)                               | - 0.003 (0.06)               | - 0.25*** (0.03)                            | 0.03 (0.11)                                  |
| faible_tech                       | 0.18*** (0.02)                               | - 0.03 (0.05)                | - 0.23*** (0.02)                            | 0.04 (0.09)                                  |
| $\widehat{RDml}$                  |  |                              | 1.84*** (0.15)                              | 2.26*** (0.44)                               |
| Inverse Mills                     |  |                              | 1.08*** (0.19)                              | 2.02*** (0.65)                               |
| constante                         |  |                              | - 0.14 (0.18)                               | - 0.86 (0.63)                                |
| <i>Conditions initiales</i>       |  |                              |   |  |
| $D_{i0}^*$                        |  | 0.11 (0.13)                  |   |  |
| $I_{i0}^*$                        |  |                              |   | 0.07** (0.03)                                |
| M_gpe                             |  | 0.25** (0.11)                |   | - 0.10 (0.20)                                |
| M_coop                            |  |                              |   | - 0.05 (0.20)                                |
| M_taille                          |  | - 0.25*** (0.09)             |   |  |
| M_infoEnt                         |  |                              |   | - 0.28*** (0.07)                             |
| M_infoFrs                         |  |                              |   | - 0.06 (0.09)                                |
| M_infoflt                         |  |                              |   | - 0.06 (0.09)                                |
| M_infocon                         |  |                              |   | - 0.08 (0.11)                                |
| M_infouniv                        |  |                              |   | 0.14 (0.12)                                  |
| M_protstrat                       |  | 0.33*** (0.09)               |   | -0.30 (0.19)                                 |
| M_protform                        |  | 0.08*** (0.09)               |   | - 0.13 (0.17)                                |
| M_ddepull                         |  | - 0.15 (0.18)                |   | - 0.25 (0.34)                                |
| M_finpub                          |  |                              |   | 0.46** (0.22)                                |
| N                                 | 32044  | 5132                         | 29740                                       | 3781   |
| Ln L                              | -15500.213                                   | -2801.3822                   |   |  |
| Test de Wald - « H0 : $\beta=0$ » | 2935.88***                                   | 620.82***                    | 10839.52***                                 | 1054.48***                                   |

Nos résultats suggèrent que la décision d’achat de machines et logiciels à l’année t pour les entreprises enquêtées est significativement favorisée pour les entreprises qui ont déjà procédé à un achat à l’année t-1 (coefficient de 0.36 significatif à 1%). Par

contre le montant investis à l'année précédente (correspondant à la vague précédente de CIS pour notre cas) n'a pas d'effet significatif sur le montant investis en achat de machines et logiciels pendant la période actuelle. Ce dernier est favorisé par contre par le montant investis lors de la période initiale (coefficient de 0.07 significatif à 5%).

Après avoir étudié la dynamique des inputs d'innovation et souligné leurs persistance dans le temps, nous passons maintenant à l'étude de la dynamique des outputs d'innovation.

### **5.3.2.2 Dynamique des outputs d'innovation**

Nous nous intéressons dans cette étape à l'étude de la persistance des outputs d'innovation. Nous mesurons cet output par quatre variables binaires indiquant respectivement si l'entreprise a lancé ou non une innovation en produit, une innovation en procédé, une innovation organisationnelle et une innovation marketing au cours de la période  $t$  (relative à chaque vague de CIS).

#### **Equations et méthode d'estimation**

Ce modèle nous permettra de savoir si le fait d'innover au cours de la période précédente a une influence positive sur son comportement d'innovation actuel. Nous introduisons également en plus des variables d'investissement en inputs d'innovation prédites de la première étape, les dépenses d'innovation retardées pour voir si les inputs d'innovation nécessitent du temps pour être traduits en output d'innovation concrets. En effet, si nous supposons que les outputs d'innovation sont partiellement déterminés par les inputs d'innovation (comme nous l'avons démontré dans le chapitre précédent), la persistance des inputs va vraisemblablement être translatée partiellement en persistance d'output.

Ainsi, pour chaque type d'innovation, nous utilisons un modèle Probit dynamique à

effet aléatoire. Nous adoptons la méthode de Wooldridge (2005) pour corriger les problèmes d'hétérogénéité inobservée et de conditions initiales. L'endogénéité des inputs d'innovation est corrigée par l'introduction des valeurs prédites des investissements en R&D interne, R&D externe et en acquisition de machines et logiciels.

L'équation explicative de chaque type d'innovation (innovation en produit, innovation en procédé, innovation organisationnelle et innovation en marketing) est donc de la forme suivante :

$$Inn_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si } Inn_{it}^* = \alpha_1 Inn_{i,t-1}^* + \alpha_2 \widehat{RDI}_{it} + \alpha_3 \widehat{RDE}_{it} + \alpha_4 \widehat{ML}_{it} + \\ & \alpha_5 RDI_{i,t-1} + \alpha_6 RDE_{i,t-1} + \alpha_7 ML_{i,t-1} + \alpha_8 X'_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} > 0, \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases} \quad (4)$$

L'effet individuel  $\mu_i$  est traité de la même manière que la première étape (Wooldridge, 2005) :

$$\mu_i = c_0 + c_1 Inn_{i0}^* + c_2 \bar{X}_i + \tau_i \quad (5)$$

La variable latente  $Inn_{it}^*$  devient alors de cette forme :

$$\begin{aligned} Inn_{it}^* = & \alpha_1 Inn_{i,t-1}^* + \alpha_2 \widehat{RDI}_{it} + \alpha_3 \widehat{RDE}_{it} + \alpha_4 \widehat{ML}_{it} + \\ & \alpha_5 RDI_{i,t-1} + \alpha_6 RDE_{i,t-1} + \alpha_7 ML_{i,t-1} + \alpha_8 X'_{it} + \\ & c_0 + c_1 Inn_{i0}^* + c_2 \bar{X}_i + \tau_i + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (6)$$

## Résultats et interprétations

Nous présentons dans le tableau suivant les résultats d'estimation des équations relatives aux innovations en produits et en procédés :

TABLE 5.7 – Estimation des équations de l’innovation produit et l’innovation procédé

| Méthode d’estimation<br>d’estimation | Innovation en produit       |                              | Innovation en procédé       |                              |
|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                      | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) |
| $Inn_{(i,t-1)}^*$                    |                             | 0.82*** (0.16)               |                             | 0.31** (0.14)                |
| $\widehat{RDI}_{it}$                 | 0.92*** (0.02)              | 0.77* (0.06)                 | 0.39*** (0.01)              | 0.26*** (0.03)               |
| $\widehat{RDE}_{it}$                 | -1.006*** (0.03)            | - 0.45*** (0.07)             | - 0.53*** (0.02)            | - 0.13** (0.05)              |
| $\widehat{ML}_{it}$                  | 0.14*** (0.01)              | 0.03 (0.05)                  | 1.06*** (0.02)              | 0.86*** (0.08)               |
| $RDI_{it-1}$                         |                             | - 0.15*** (0.01)             |                             | - 0.06*** (0.01)             |
| $RDE_{it-1}$                         |                             | 0.02*** (0.02)               |                             | - 0.02 (0.01)                |
| $ML_{it-1}$                          |                             | 0.03** (0.01)                |                             | - 0.08 (0.01)                |
| Gpe                                  | 0.15*** (0.02)              | - 0.12 (0.14)                | 0.21*** (0.02)              | 0.29** (0.13)                |
| Coop                                 | 0.45*** (0.03)              | 0.52*** (0.13)               | 0.04*** (0.03)              | 0.01 (0.10)                  |
| prot_strat                           | - 0.15*** (0.02)            | - 0.008*** (0.10)            | - 0.18*** (0.02)            | 0.005** (0.09)               |
| prot_form                            | 0.22*** (0.02)              | 0.14*** (0.11)               | - 0.01 (0.02)               | - 0.07 (0.10)                |
| Taille                               | - 0.02*** (0.009)           | 0.19 (0.14)                  | - 0.08*** (0.008)           | - 0.09 (0.12)                |
| <i>Conditions initiales</i>          |                             |                              |                             |                              |
| $Inn_{i0}^*$                         |                             | - 0.37 (0.13)                |                             | 0.22 (0.16)                  |
| M_gpe                                |                             | - 0.02 (0.17)                |                             | - 0.10 (0.20)                |
| M_coop                               |                             | - 0.19 (0.16)                |                             | - 0.05 (0.20)                |
| M_taille                             |                             | - 0.25*** (0.09)             |                             |                              |
| M_protstrat                          |                             | - 0.32** (0.16)              |                             | - 0.30 (0.19)                |
| M_protform                           |                             | 0.06 (0.14)                  |                             | - 0.16 (0.17)                |
| Test de wald- dummies sectorielles   | 417.36***                   | 16.35***                     | 201.94***                   | 13.11***                     |
| N                                    | 31957                       | 3780                         | 31955                       | 3780                         |
| Ln L                                 | -9674.2636                  | -1101.4123                   | -11025.435                  | -1452.6652                   |
| Test de Wald - « H0 : $\beta=0$ »    | 2292.70***                  | 301.76***                    | 3451.19***                  | 319.41***                    |

Nous remarquons d’après notre tableau d’estimation de l’équation d’innovation en produit que cette dernière se caractérise par une forte persistance puisque le coefficient associé à l’innovation produit en t-1 est positif et fortement significatif (0,82 significatif à 1%).

Nous constatons également que les trois inputs d’innovation agissent d’une manière différente sur l’innovation en produit aussi bien en termes de signe que de temps. En effet, nos résultats montrent que l’investissement en R&D interne favorise bien l’innovation en produit (coefficient positif et significatif aussi bien pour l’équation statique que dynamique) mais que cet effet s’estompe assez rapidement dans le temps puisque le coefficient de l’investissement intérieur en R&D interne à t-1 devient négatif. Donc les dépenses en R&D interne à l’année t ont un effet immédiat sur l’innovation à l’année t. Autrement dit, le rendement de l’investissement en R&D interne se concrétise



assez rapidement en termes d'innovation en produit.

Par contre l'investissement en R&D externe nécessite du temps pour favoriser l'innovation en produit. En effet, nous observons un effet négatif significatif de ce type d'investissement à l'année  $t$  sur la probabilité d'innover en produit à l'année  $t$  et ce pour les deux modèles statiques et dynamiques ; alors que l'effet de l'investissement en R&D externe en  $t-1$  devient significativement positif sur l'innovation produit à l'année  $t$ .

Nous soulignons la même chose pour l'investissement en machines et logiciels. En effet, quoique son effet immédiat (à l'année  $t$ ) sur l'innovation produit soit significativement positif dans le modèle statique, il devient non significatif dans le modèle dynamique. Cependant l'investissement antérieur (à l'année  $t-1$ ) favorise significativement l'innovation en produit actuelle.

A ce niveau, il est clair que les investissements en R&D externe et en machines et logiciels requierent du temps pour que les nouvelles compétences et flux d'information qui en découlent soient absorbés et internalisés au sein de l'entreprise pour être ensuite traduites en innovation produit. Pour les coefficients des autres variables, nous constatons qu'ils sont globalement de même signe que le modèle statique (interprété dans le chapitre précédent) sauf qu'ils sont globalement surestimés (plus élevés) dans le modèle dynamique.

En ce qui concerne la probabilité d'innover en procédé, nos résultats suggèrent aussi une forte persistance de ce type d'innovation. Le fait d'innover à la période antérieure favorise significativement l'innovation en procédé à la période actuelle. Ainsi, le changement des méthodes de production constitue à la fois une barrière de sortie pour les entreprises innovantes qui les incite à innover plus les années futures et s'approprier pleinement de l'avantage concurrentiel qui en découle et une barrière

d'entrée pour les entreprises non innovantes.

Nos résultats montrent également un effet positif et significatif immédiat des investissements en R&D interne et en achat de machines et logiciels (coefficients respectifs de 0.26 et de 0.86 dans le modèle dynamique significatifs à 1 %). Mais l'effet de ces mêmes types d'investissements antérieurs (à la période t-1) devient négatif pour la R&D interne et non significatif pour l'investissement en machines et logiciels.

L'effet de l'investissement en R&D externe reste négativement significatif aussi bien pour le modèle statique que dynamique. Cependant cet effet négatif devient non significatif pour l'investissement antérieur en R&D externe. Ce type d'investissement en externalisation des activités de R&D nécessite alors plus de temps d'absorption pour être concrétisé en innovation en procédés.

Nous constatons également que les coefficients des autres variables sont globalement surestimés pour le modèle statique par rapport au modèle dynamique.

Nous observons maintenant les résultats d'estimation des équations relatives aux innovations organisationnelle et marketing présentés dans le tableau suivant :

TABLE 5.8 – Estimation des équations de l'innovation en organisation et l'innovation en marketing

| Méthode d'estimation<br>d'estimation | Innovation en organisation  |                              | Innovation en marketing     |                              |
|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                      | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) | Probit à<br>EA Statique (1) | Probit à<br>EA Dynamique (2) |
| $Inn_{(i,t-1)}^*$                    |                             | 0.27*** (0.05)               |                             | 0.68*** (0.10)               |
| $\widehat{RDI}_{it}$                 | 0.24*** (0.01)              | 0.09*** (0.03)               | 0.26*** (0.01)              | 0.13*** (0.03)               |
| $\widehat{RDE}_{it}$                 | -0.31*** (0.02)             | -0.07 (0.04)                 | -0.50*** (0.02)             | -0.17*** (0.04)              |
| $\widehat{ML}_{it}$                  | 0.32*** (0.01)              | 0.27*** (0.04)               | 0.35*** (0.01)              | 0.14*** (0.04)               |
| $\widehat{RDI}_{it-1}$               |                             | -0.02* (0.01)                |                             | -0.03*** (0.01)              |
| $\widehat{RDE}_{it-1}$               |                             | 0.005 (0.01)                 |                             | 0.01 (0.01)                  |
| $\widehat{ML}_{it-1}$                |                             | 0.002 (0.01)                 |                             | -0.02* (0.01)                |
| Gpe                                  | 0.25*** (0.01)              | -0.003 (0.10)                | 0.07*** (0.02)              | -0.17* (0.10)                |
| Coop                                 | 0.19*** (0.03)              | 0.07 (0.09)                  | 0.07** (0.03)               | 0.27*** (0.09)               |
| prot_strat                           | 0.10*** (0.02)              | 0.06*** (0.08)               | -0.06*** (0.02)             | 0.03 (0.08)                  |
| prot_form                            | 0.20*** (0.02)              | 0.20*** (0.08)               | 0.50*** (0.02)              | 0.29*** (0.08)               |
| Taille                               | -0.02*** (0.006)            | 0.29*** (0.10)               | 0.02*** (0.007)             | 0.14* (0.10)                 |
| <b>Conditions initiales</b>          |                             |                              |                             |                              |
| $Inn_{i0}^*$                         |                             | 0.17*** (0.05)               |                             | 0.007 (0.11)                 |
| M_gpe                                |                             | 0.05 (0.12)                  |                             | 0.01 (0.13)                  |
| M_coop                               |                             | 0.03 (0.12)                  |                             | -0.11 (0.12)                 |
| M_taille                             |                             | -0.27*** (0.10)              |                             | -0.05 (0.10)                 |
| M_protstrat                          |                             | 0.33*** (0.09)               |                             | -0.06 (0.11)                 |
| M_protform                           |                             | -0.20*(0.09)                 |                             | 0.35 (0.11)                  |
| Test de wald- dummies sectorielles   | 327.38***                   | 8.28***                      |                             | 97.99***                     |
| N                                    | 31957                       | 3780                         | 31957                       | 3780                         |
| Ln L                                 | -17738.937                  | -2160.6569                   | -14192.05                   | -1957.9308                   |
| Test de Wald - « H0 : $\beta=0$ »    | 3061.34***                  | 776.53***                    | 2027.92***                  | 771.61***                    |

Nous constatons que le fait de lancer des innovations organisationnelles pendant la période précédente favorise significativement (coefficient de 0.27 significatif à 1 %) la probabilité d'innover en organisation actuelle. Ce résultat confirme la persistance de ce 3<sup>me</sup> type d'innovation. Les entreprises qui ont déjà effectué des changements réussis de leur architecture organisationnelle (organisation de travail, réengineering, système de qualité,...) sont plus susceptibles d'améliorer et de moderniser encore leur structure organisationnelle vu leurs avantages en matière d'apprentissage, de flexibilité, de diminution de la résistance au changement et d'implication de tous les membres de l'organisation.

Nous soulignons également que ce sont les investissements en R&D interne et en

achat de machines et logiciels (TIC) qui favorisent le plus l'innovation organisationnelle (coefficients significatifs et positifs mais plus élevé pour le modèle statique par rapport au modèle dynamique). L'effet de ces investissements s'estompe rapidement dans le temps (n'affecte que l'innovation organisationnelle actuelle) puisque l'effet de ces investissements antérieurs est non significatif.

L'effet négativement significatif de l'investissement en R&D externe actuel dans le modèle statique et antérieur dans le modèle dynamique quoique un peu surprenant peut être expliqué par le coût élevé de l'externalisation des activités de R&D et la difficulté de leur absorption au sein de l'organisation.

Nos résultats suggèrent aussi que l'innovation organisationnelle est favorisée significativement par l'adoption des moyens de protection aussi bien formelle que stratégiques (coefficients positifs significatifs dans les modèles statique et dynamique) ainsi que l'augmentation de la taille de la firme (coefficient devient positif de 0.29 et significatif à 5% dans le modèle dynamique). En effet, l'adoption des moyens de protection quelle que soit leur nature (brevets, licence, secret professionnel, . . .) constitue un avantage compétitif pour l'entreprise par rapport à ses concurrents et un facteur de motivation pour moderniser la structure organisationnelle afin de maintenir et bénéficier de cet avantage le plus longtemps possible.

De même, la prise en compte de la composante temporelle a fait paraître l'effet positif de la taille de l'entreprise sur la décision de lancer des innovations en organisation pour faciliter la communication et l'échange entre ses composantes devenues de plus en plus complexes avec l'augmentation de sa taille et avec le temps.

Par contre, nous remarquons que les effets de l'appartenance à un groupe et de coopération technologique qui étaient significativement positifs sur la probabilité d'innover en organisation deviennent non significatifs dans le modèle dynamique. Il

s'avère alors que ces effets étaient surestimés dans le modèle statique.

En ce qui concerne l'innovation en marketing, nous constatons une forte persistance de ce type d'innovation aussi. L'effet des innovations en marketing antérieures est fortement positif et significatif (coefficient de 0.68 significatif à 1%) sur la probabilité d'innover en marketing actuelle. Nous constatons également que les investissements en R&D interne et en machines et logiciels favorisent significativement l'innovation en marketing. En effet, les dépenses en R&D intramural et en NTIC stimulent la recherche et le lancement de nouvelles méthodes de commercialisation et de distribution.

Nos résultats montrent également que ce type d'innovation est favorisé par la coopération technologique (son coefficient augmente de 0.07 dans le modèle statique à 0.27 dans le modèle dynamique, les deux significatifs à 1%). Par contre, l'effet de l'appartenance à un groupe était surestimé dans le modèle statique.

De même, la probabilité d'innover en marketing est favorisée par l'adoption des moyens de protection formelle et l'augmentation de la taille de la firme.

Après l'étude de la dynamique des outputs d'innovation, nous passons maintenant à l'étude de leurs rendements. Nous cherchons à savoir l'effet des innovations courantes et passées sur la productivité.

### **5.3.2.3 Equation de la productivité**

#### **Méthode d'estimation**

Dans cette dernière étape de l'étude de la relation R&D-innovation-productivité, nous comparons l'effet de l'innovation sur la productivité dans le cas de la prise en compte de l'accumulation des compétences pour innover dans le temps (prévisions

des outputs d'innovation issues des modèles dynamiques (M2)) avec son effet en cas de négligence de la composante temporelle (prévisions des outputs d'innovation issues des modèles statiques (M1)). Nous introduisons également les décisions d'innovation ultérieures pour voir si l'effet de l'innovation sur la productivité s'estompe rapidement dans le temps ou non. Nous mesurons la productivité du travail par le logarithme du chiffre d'affaire par employé. Nous utilisons alors une équation linéaire de la productivité ayant la forme suivante :

$$\begin{aligned}
 Prod_{it} = & \alpha_1 \widehat{Inpdt}_{it} + \alpha_2 \widehat{Inpcd}_{it} + \alpha_3 \widehat{Inorg}_{it} + \alpha_4 \widehat{Inmkg}_{it} + \\
 & \alpha_5 Inpdt_{i,t-1} + \alpha_6 Inpcd_{i,t-1} + \alpha_7 Inorg_{i,t-1} + \alpha_8 Inmkg_{i,t-1} + \\
 & \alpha_9 X'_{it} + \tau_i + \varepsilon_{it},
 \end{aligned} \tag{7}$$

Toutefois, la spécification de la nature des effets individuels pour les équations linéaires est particulièrement importante pour les données de panels à dimension réduite (Hausman 1978). Ainsi, nous effectuerons l'estimation de l'équation de productivité par les deux méthodes à effets fixes et à effets aléatoires. Ensuite, nous recourerons aux tests de spécification d'Hausman pour choisir et interpréter la meilleure méthode d'estimation.

### Résultats et interprétations

L'estimation de cette équation de productivité sur notre panel non cylindré a donné lieu aux résultats suivants :

TABLE 5.9 – Estimation de l'équation de productivité

| Méthode d'estimation                       | Productivité de travail |                   |                             |                    |
|--|-------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|
|  | Modèles à effets fixes  |                   | Modèles à effets aléatoires |                    |
|  | (M1)                    | (M2)              | (M1)                        | (M2)               |
| $\widehat{Inpdt}_{it}$                     | -0.05***<br>(0.01)      | 0.01<br>(0.01)    | -0.03***<br>(0.009)         | -0.01<br>(0.01)    |
| $\widehat{Inpcdt}_{it}$                    | 0.04***<br>(0.01)       | -0.002<br>(0.02)  | 0.04***<br>(0.008)          | -0.03**<br>(0.01)  |
| $\widehat{Inorg}_{it}$                     | -0.01<br>(0.03)         | 0.01<br>(0.06)    | -0.14***<br>(0.02)          | -0.03<br>(0.03)    |
| $\widehat{Inmkg}_{it}$                     | 0.05**<br>(0.02)        | -0.06<br>(0.05)   | 0.12***<br>(0.01)           | 0.11***<br>(0.04)  |
| $Inpdt_{i,t-1}$                            |                         | -0.02<br>(0.02)   |                             | -0.03*<br>(0.01)   |
| $Inpcdt_{i,t-1}$                           |                         | 0.01<br>(0.01)    |                             | 0.003<br>(0.01)    |
| $Inorg_{i,t-1}$                            |                         | -0.03<br>(-1.38)  |                             | -0.05<br>(0.01)    |
| $Inmkg_{i,t-1}$                            |                         | 0.12***<br>(3.02) |                             | 0.10**<br>(0.02)   |
| Taille                                     | 0.55***<br>(0.01)       | 0.55***<br>(0.03) | 0.34***<br>(0.002)          | 0.32***<br>(0.008) |
| Test de Wald-dummies sectorielles          | 1.09                    | 0.57              | 2673.89***                  | 260.11***          |
| N  | 31957                   | 3780              | 31957                       | 3780               |
| Test de Wald :<br>"H <sub>0</sub> : β = 0" | 8.86***                 | 24.05***          | 23958.76***                 | 2572.73***         |
| Test d'Hausman EF vs EA                    | (M1) 762.23***          |                   | (M2) 78.91***               |                    |

Nous constatons d'après le tableau d'estimation que les quatre modèles sont globalement significatifs (les quatre statistiques de Wald de test de significativité globale sont significatives à 1%).

En ce qui concerne les statistiques du test de spécification d'Hausman (relatives aux modèles M1 introduisant les valeurs statiques d'innovation et M2 introduisant les valeurs dynamiques d'innovation), elles sont toutes les deux fortement signifi-

tives. Ce résultat implique le rejet de l'hypothèse  $H_0$  du test selon laquelle les effets individuels sont des effets aléatoires et ce pour les deux modèles M1 et M2. Ainsi, nous retenons pour l'interprétation les résultats issus des estimations par la méthode des effets fixes.

Selon cette méthode, nous constatons qu'il existe une différence remarquable entre les coefficients des valeurs prédites d'innovation issues des modèles statiques et celles issues des modèles dynamiques.

En effet, nos résultats suggèrent que les innovations actuelles (introduites à l'année  $t$ ) en procédé et en marketing issues des modèles statiques ont des effets positifs significatifs avec des coefficients respectifs de 0.04 (significatif à 1%) et de 0.05 (significatif à 5%). Nous remarquons également que l'effet de la valeur prédite de l'innovation produit issue du modèle statique est significativement négatif (coefficient de -0.05 significatif à 1%). Ce résultat est cohérent avec nos estimations de l'équation de productivité statique (chapitre 4) selon lesquelles l'effet de l'innovation produit sur la productivité ne devient positif que si elle est accompagnée par des innovations organisationnelles et de marketing. Sinon, les coûts élevés du lancement d'un produit nouveau à l'année  $t$  risque de se répercuter négativement sur la productivité de l'année  $t$  en absence d'une architecture organisationnelle adéquate.

Cependant, les coefficients des valeurs prédites d'innovation issues des modèles dynamiques deviennent tous non significatifs. Nous constatons que seule l'innovation marketing à l'année précédente a un effet fortement positif (coefficient de 0.12 significatif à 1%) sur la productivité de l'année actuelle. Ainsi la prise en considération de la composante temporelle suggère que l'effet de l'innovation sur la productivité nécessite du temps pour être observé (l'innovation nécessite du temps pour être trans-



formée ou traduite sous forme de gain de productivité).

L'effet de la taille est toujours significativement positif sur la productivité et ce aussi bien pour les modèles statiques que dynamiques.

## 5.4 Conclusions

Ce chapitre a été dédié à l'étude de la persistance des inputs et des outputs de l'innovation et à l'analyse de la relation dynamique entre R&D-innovation-productivité. Pour cela, nous avons utilisé un panel de données non cylindré de trois vagues de CIS françaises (1998-2000 ; 2002-2004 ; 2004-2006).

Nous avons commencé l'analyse par l'observation des probabilités de transition des inputs et des outputs d'innovation. Nous avons souligné que pour toutes les activités, les pourcentages des entreprises qui n'ont pas changé de statut (oui-oui /non-non) sont tous largement supérieurs aux pourcentages des entreprises qui ont changé de statut (oui-non /non-oui). Ainsi, les entreprises qui ont lancé une activité de R&D ou d'achat de machines et logiciels au cours de la période passée ont plus de chance à le faire au cours de la période présente. De même, le statut d'innovation à  $t$  est positivement corrélé avec le statut d'innovation à  $t-1$ . Cette analyse descriptive préliminaire a révélé qu'il existe bien une forte persistance en matière des inputs et des outputs d'innovation.

La validation économétrique de ces observations a appelé le recours à un modèle à trois étapes inspiré du modèle CDM utilisé dans le chapitre précédent auquel nous avons ajouté des variables endogènes et exogènes retardées. Ainsi, pour estimer les équations des inputs d'innovation nous avons utilisé un modèle Tobit type II dy-

namique tenant compte de l'hétérogénéité inobservée, du problème de la condition initiale (par la méthode de Wooldridge, 2005) et du problème de sélection (par la méthode de Heckman, 1979).

Nos estimations nous ont permis de souligner que les décisions de lancer une activité de R&D externe et d'acheter des machines et logiciels à l'année  $t$  pour les entreprises enquêtées sont significativement favorisées pour les entreprises qui ont déjà procédé à ces mêmes décisions à l'année  $t-1$ . Nous avons trouvé également que les montants investis en R&D interne et externe à l'année  $t-1$  sont significativement et positivement liés aux montants investis à l'année  $t$ . Ces résultats sont en faveur d'une persistance élevée de ces investissements en inputs d'innovation (Peters, 2009). Ainsi, l'hypothèse des coûts irrécupérables des activités de R&D comme barrières à l'entrée et à la sortie (Manez Castillejo et al, 2004) a été bien corroborée.

Ensuite, nous avons estimé les équations des outputs d'innovation par des modèles Probit dynamiques tenant compte de la même manière de l'hétérogénéité inobservée (méthode de Wooldridge, 2005). Nos estimations suggèrent que les quatre types d'output d'innovation (innovation en produit, innovation en procédés, innovation organisationnelle et innovation en marketing) se caractérisent par une forte persistance (à l'instar des résultats de Peters (2009), Musolesi (2007), Raymond et al.(2010)). En effet, les coefficients associés aux quatre types d'innovation en  $t-1$  sont tous positifs et fortement significatifs. Le fait d'innover à la période antérieure favorise l'innovation à la période actuelle. Ainsi, l'introduction de produits nouveaux et le changement des méthodes de production constituent à la fois une barrière de sortie pour les entreprises innovantes qui les incite à innover plus les années futures et s'approprier pleinement de l'avantage concurrentiel qui en découle et une barrière d'entrée pour les entreprises non innovantes. De même, les entreprises qui ont déjà effectué des change-

ments réussis de leur architecture organisationnelle et des innovations en marketing sont plus susceptibles d'améliorer et de moderniser encore leur structure organisationnelle vu leurs avantages en matière d'apprentissage, de flexibilité, de diminution de la résistance au changement et d'implication de tous les membres de l'organisation.

Nous avons constaté également que l'investissement en R&D interne favorise bien tous les types d'innovation mais que cet effet s'estompe assez rapidement dans le temps puisque le coefficient de l'investissement antérieur en R&D interne à l'année  $t-1$  devient négatif. Donc le rendement de l'investissement en R&D interne se concrétise assez rapidement en termes d'innovations (ne favorise que l'innovation actuelle). Par contre, nous avons observé que seuls les montants antérieurs investis en R&D externe (à l'année  $t-1$ ) agissent d'une manière significativement positive sur l'innovation en produit actuelle. En effet, ces investissements requièrent du temps pour que les nouvelles compétences et flux d'information qui en découlent soient absorbés et internalisés au sein de l'entreprise pour être ensuite traduites en innovation produit. L'effet négativement significatif de l'investissement en R&D externe actuel peut être expliqué par le coût élevé de l'externalisation des activités de R&D et la difficulté de leur absorption au sein de l'organisation.

Nous avons souligné aussi que les investissements actuels en machines et logiciels favorisent significativement les innovations en procédé, en organisation et en marketing actuelles. En effet, les dépenses en NTIC stimulent assez rapidement l'automatisation des méthodes de production, la communication au sein de l'organisation et le lancement de nouvelles méthodes de commercialisation et de distribution. Cet effet est immédiat sur ces trois types d'innovation mais requière un peu de temps pour être traduit sous forme de produits nouveaux (seul l'investissement antérieur en NTIC favorise significativement l'innovation en produit). Nous constatons également

que les coefficients des autres variables sont globalement surestimés pour le modèle statique par rapport au modèle dynamique.

Enfin, nous avons estimé l'équation de la productivité par un modèle linéaire de panel à effets fixes. Nos résultats suggèrent que les innovations actuelles en procédé et en marketing issues des modèles statiques ont des effets positifs significatifs. Nous remarquons également que l'effet de la valeur prédite de l'innovation produit issue du modèle statique est significativement négatif. Ce résultat est cohérent avec nos estimations de l'équation de productivité statique (chapitre 4) selon lesquelles l'effet de l'innovation produit sur la productivité ne devient positif que si elle est accompagnée par des innovations organisationnelles et de marketing. Sinon, les coûts élevés du lancement d'un produit nouveau à l'année  $t$  risque de se répercuter négativement sur la productivité de l'année  $t$  en absence d'une architecture organisationnelle adéquate.

Cependant, les coefficients des valeurs prédites d'innovation issues des modèles dynamiques deviennent tous non significatifs. Nous constatons que seule l'innovation marketing à l'année précédente a un effet fortement positif sur la productivité de l'année actuelle. Ainsi la prise en considération de la composante temporelle suggère que l'effet de l'innovation sur la productivité des entreprises industrielles françaises n'est pas immédiat : il nécessite du temps pour être traduit sous forme de gain de productivité. Néanmoins, l'utilisation de seulement trois vague de CIS ne nous a pas permis de déterminer exactement au bout de combien de périodes l'innovation devient rentable. En outre, une étude similaire et comparative avec le secteur des services serait très intéressante.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

La réflexion développée dans cette thèse a porté sur la modélisation des déterminants et des implications de la dynamique de l'innovation tout en mettant en exergue l'importance de l'impact des changements organisationnels sur la gestion des connaissances et l'acquisition et le développement des compétences pour innover. En effet, nous nous sommes interrogés sur le rôle joué par l'adoption des innovations organisationnelles et plus précisément des pratiques de management des connaissances sur l'innovation en produit et en procédé. Ensuite, nous avons étendu l'analyse vers la proposition d'un modèle assez complet qui permet d'étudier les déterminants et le rendement des différents types d'innovation tout en tenant compte de cette interdépendance qui les relie. Nous avons cherché à étudier la complémentarité entre les innovations technologiques et organisationnelles en terme de productivité. Cette question reste en fait très peu abordée par la littérature malgré l'abondance des travaux sur le rendement des innovations technologiques. En dernière étape de ce travail de thèse, nous avons mis l'accent sur l'importance de la prise en compte de la composante temporelle pour mieux comprendre l'accumulation des compétences pour innover dans le temps et le processus dynamique de l'activité d'innovation.

Ainsi, les originalités par rapport à la littérature caractérisant chaque chapitre

de ce travail de thèse peuvent être classées selon trois volets : théorique, méthodologique et empirique. Sur le volet théorique, l'apport de notre étude était d'exploiter les théories de complémentarité et de supermodularité (Topkis (1978), Vives (1990) et Milgrom et Roberts (1995)) traditionnellement utilisées en mathématiques et en optimisation combinatoire et de montrer leur apport pour étudier la complémentarité entre les différentes stratégies d'innovation (chapitre 1).

Sur le volet méthodologique, nos travaux de recherche dans le cadre de cette thèse ont apporté trois extensions majeures au modèle CDM (Crépon, Duguet et Mairesse, 1998) servant de base aux travaux récents traitant du tryptique RD-innovation-productivité. En premier lieu, nous avons considéré les investissements en R&D externe et en achat de machines et logiciels en plus des investissements classiques en R&D interne comme inputs d'innovation (chapitres 3 et 4). En deuxième lieu, nous avons introduit les innovations organisationnelles (changement dans les stratégies managériales, l'organisation du travail ou les relations extérieurs) et de marketing (changement dans la conception du produit, l'emballage, le placement ou la politique de prix) comme outputs complémentaires aux innovations technologiques en produit (innovation ou amélioration significative de biens et services) et en procédé (changement dans les méthodes de production ou de distribution) (chapitres 4). En troisième lieu, nous avons montré les limites des modèles statiques pour l'étude de l'activité d'innovation et proposé un modèle dynamique permettant de mieux comprendre le processus d'accumulation des compétences pour innover dans le temps (chapitre 5).

Sur le volet empirique, notre apport consiste à utiliser tout au long de notre étude des méthodes d'estimation originales permettant de surmonter les difficultés majeures adjacentes aux données sur l'innovation, notamment les problèmes de sélec-

tion et d'endogénéité (Mairesse et Mohnen, 2010). Ainsi, nous avons utilisé un modèle composé de trois blocs d'équations structurelles permettant de tenir compte du biais d'endogénéité. En outre, nous avons estimé les équations d'inputs d'innovation par des modèles Tobit généralisé type II permettant de corriger le biais de sélection par la méthode d'Heckman. Nous avons également utilisé un modèle Probit multivarié pour estimer le modèle à quatre équations simultanées (une équation pour chaque type d'innovation), étant donnée la nature dichotomique des outputs d'innovation, et leurs interdépendances. Enfin, dans le modèle dynamique nous avons corrigé les problèmes de l'hétérogénéité inobservée et de condition initiale par la méthode de Wooldrige (2005).

A l'issue de ce travail, plusieurs conclusions apparaissent. Tout d'abord, notre analyse de la littérature économique relative à l'innovation (chapitre 1) nous a permis de souligner d'une part la complémentarité des compétences technologiques et organisationnelles pour l'activité d'innovation des entreprises. D'autre part, il est avéré que la relation entre compétences et innovation est de nature simultanée et dynamique. L'activité de l'innovation est donc un processus cumulé dans le temps et déterminé par la manière dont l'entreprise gère ses compétences technologiques et organisationnelles et par ses caractéristiques internes et externes.

Ensuite, notre étude du contexte de la recherche et de l'innovation en Europe et plus particulièrement en France nous a permis de constater que dans le but de rattraper son retard par rapport à ses voisins, la politique française en matière d'innovation a été orientée vers la mise en cohérence des dispositifs de recherche existants, le renforcement des partenariats publics et privés et l'optimisation de l'utilisation des ressources en se focalisant sur les secteurs à forte valeur ajoutée. Nous avons souligné également l'évolution de la conception de l'innovation et l'apparition de nouveaux

inputs et outputs devant être pris en considération lors de l'étude des déterminants et des implications de l'activité d'innovation.

Notre première contribution empirique (chapitre 3) avait pour objectif de déterminer les facteurs qui favorisent la probabilité d'innovation pour les entreprises françaises. Nos résultats nous ont permis de souligner, en premier lieu, que la probabilité d'innover est déterminée par les caractéristiques intrinsèques de l'entreprise et celles de son environnement ; notamment sa taille et l'impulsion de la demande. De même, l'activité de R&D interne entreprise par les unités de recherche de la firme constitue le principal mécanisme de développement des compétences technologiques. Cette pratique contribue à la création de nouvelles connaissances permettant la production de nouveaux produits et/ou l'adoption de nouvelles méthodes de production. En outre, les relations de partenariats technologiques ont favorisé pour les entreprises françaises l'internalisation des nouvelles compétences technologiques de leurs partenaires. Nous avons constaté également que l'adoption de nouvelles stratégies organisationnelles de gestion des connaissances contribue d'une manière significative au changement des méthodes de production et de l'architecture organisationnelle de l'entreprise ainsi que la création et le partage des connaissances stimulant ainsi l'innovation surtout en procédé.

En deuxième lieu, notre étude des rendements marginaux nous a permis de montrer que pour pouvoir bénéficier pleinement de l'effet positif du partenariat et des efforts de R&D sur l'innovation, ceux-ci doivent être accompagnés par certaines pratiques organisationnelles liées à la bonne gestion des compétences et à la préparation d'une architecture organisationnelle favorisant la création et le partage des connaissances et flexible aux changements.



En tenant compte de ces relations de complémentarité entre les compétences technologiques et organisationnelles pour innover, nous avons proposé un modèle pour mesurer le rendement des différents types d'innovation (chapitre 4). Dans une première étape, nos résultats ont suggéré que les décisions de faire de la R&D interne et externe et d'acquérir des machines et des logiciels dépendent de la confrontation de l'entreprise à la concurrence internationale, de son recours aux moyens de protection de la propriété, de l'impulsion de la demande et de sa taille. Ils ont montré également que les montants investis sont déterminés par l'appartenance à un groupe, la coopération technologique, les sources d'information et le financement public.

Dans une deuxième étape de ce modèle, nous avons pu constater que l'investissement en R&D interne est le facteur le plus favorable aux quatre types d'innovation pour les entreprises françaises. La probabilité d'innover en procédés est favorisée en plus par l'achat de machines et logiciels. En ce qui concerne la probabilité de faire une innovation organisationnelle, elle est affectée positivement en plus des investissements en R&D interne et en achat de M&L, par la taille de l'entreprise. Plus la taille de la firme est élargie, plus elle est incitée à moderniser son architecture organisationnelle. Nos résultats ont suggéré également que la probabilité d'innover en marketing est favorisée en plus des investissements en R&D interne et en achat de M&L par l'adoption des moyens de protection formelle (brevets, dessins, modèles, marques . . .).

Enfin, dans la troisième étape, nous avons souligné que les innovations en procédés, organisationnelles et en marketing ont des effets significatifs positifs sur la productivité des entreprises françaises. Il est avéré également que les innovations en produit et en procédé favorisent mieux la productivité si elles sont accompagnées par des innovations organisationnelles et en marketing et vice versa (Mohnen et Roller, 2005; Polder et al, 2010).

Par la suite, nous avons affiné notre analyse vers l'étude de la persistance des inputs et des outputs de l'innovation et l'analyse de la relation dynamique entre R&D-innovation-productivité (chapitre 5). Nous avons constaté alors que les décisions et les investissements en R&D et en achat des machines et logiciels à l'année  $t$  sont significativement favorisés pour les entreprises qui ont déjà procédé à ces mêmes décisions à l'année  $t-1$ . Ces résultats sont en faveur d'une persistance élevée de ces dépenses en inputs d'innovation (Peters, 2009). Ainsi, l'hypothèse des coûts irrécupérables des activités de R&D comme barrières à l'entrée et à la sortie (Manez Castillejo et al, 2004) a été bien corroborée.

De même, nos résultats ont suggéré que les quatre types d'output d'innovation se caractérisent par une forte persistance (Peters (2009), Musolesi (2007), Raymond et al.(2010)). Ainsi, l'innovation constitue à la fois une barrière de sortie pour les entreprises innovantes qui les incite à innover plus les années futures et s'approprier pleinement de l'avantage concurrentiel qui en découle et une barrière d'entrée pour les entreprises non innovantes. Nous avons constaté également que l'investissement en R&D interne favorise bien tous les types d'innovation mais que cet effet s'estompe assez rapidement dans le temps. Par contre, nous avons observé que seuls les montants antérieurs investis en R&D externe (à l'année  $t-1$ ) agissent d'une manière significativement positive sur l'innovation en produit actuelle. En effet, ces investissements requièrent du temps pour que les nouvelles compétences et flux d'information qui en découlent soient absorbés et internalisés au sein de l'entreprise pour être ensuite traduits en innovation produit. Nous avons souligné aussi que les investissements actuels en machines et logiciels favorisent significativement les innovations en procédé, en organisation et en marketing actuelles. En effet, les dépenses en NTIC stimulent assez rapidement l'automatisation des méthodes de production, la communication au

sein de l'organisation et le lancement de nouvelles méthodes de commercialisation et de distribution. Cet effet est immédiat sur ces trois types d'innovation mais requière un peu de temps pour être traduit sous forme de produits nouveaux.

Enfin, l'estimation de l'équation de productivité nous a permis de conclure que la prise en considération de la composante temporelle suggère que l'effet de l'innovation sur la productivité des entreprises françaises n'est pas immédiat. Il nécessite du temps pour qu'il soit traduit sous forme de gain de productivité. Néanmoins, l'utilisation de seulement trois vague de CIS ne nous a pas permis de déterminer exactement au bout de combien de périodes l'innovation devient rentable.

A l'issue de ce travail de thèse, plusieurs propositions de politiques propres à l'entreprise ou pouvant être menées par l'Etat peuvent être générées pour stimuler l'activité d'innovation :

- Le renforcement des investissements en R&D interne et externe et en technologies d'information et de communication constitue le principal mécanisme de développement des compétences technologiques et organisationnelles pour innover. De même, l'encouragement des relations de partenariats technologiques, le recours aux moyens de protection de la propriété et au financement public des projets innovants favorisent l'activité d'innovation.
  
- Pour pouvoir bénéficier pleinement de l'effet positif des efforts de R&D et du partenariat technologique sur l'innovation, ceux-ci doivent être accompagnés par certaines pratiques organisationnelles liées à la bonne gestion des compétences et à la préparation d'une architecture organisationnelle favorisant la création et le partage des connaissances et flexible aux changements.

- Tous les types d’innovations ont des effets significatifs positifs sur la productivité. Toutefois, leurs effets sont complémentaires : les innovations en produit et en procédé favorisent mieux la productivité si elles sont accompagnées par des innovations organisationnelles et en marketing et vice versa.
  
- La forte persistance des inputs et des outputs d’innovation constitue à la fois une barrière à la sortie pour les entreprises innovantes et une barrière à l’entrée pour les entreprises non innovantes. Ce résultat est très intéressant dans la mesure où il implique que les politiques axées sur les mêmes dispositifs d’incitation pour les entreprises ayant déjà une expérience passée en innovation et les entreprises non innovantes apparaissent insuffisantes voire inefficaces. A cet égard, Il convient désormais de prévoir des mesures d’incitation spécifiques aux entreprises non innovantes pour les aider à innover et atténuer les barrières à l’entrée imposées par les entreprises innovantes. Ces incitations peuvent être sous forme de financement des activités de recherche, de soutiens des relations de partenariat et d’échange avec les universités et les organismes publiques de recherche ou encore de planification des rencontres et des interactions avec les entreprises innovantes afin de bénéficier de leurs expériences en matière de mise en place des projets innovants.
  
- L’externalisation des activités de R&D nécessite beaucoup de temps pour générer des innovations alors que les effets de la R&D interne et de l’achat de machines et logiciels sont immédiats sur la plupart des types d’innovation et s’estompent assez rapidement dans le temps. Ces résultats impliquent que les entreprises qui souhaitent accélérer la mise en place aussi bien de leurs innovations technologiques que organisationnelles sont appelées à interioriser leurs activités de R&D plutôt que de les externaliser.

- Contrairement à ce que bon nombre de travaux laissent penser, l’effet de l’innovation sur la productivité des entreprises n’est pas immédiat. Les projets innovants nécessitent du temps pour générer des gains de productivité. Dès lors, les nouvelles entreprises innovantes sont appelées à prendre en considération ce décalage de rendement de leurs innovations lors de l’instauration des plans de financement de leurs projets.

Néanmoins, notre travail de thèse présente certaines limites qui constituent autant de perspectives de recherches futures. En effet, l’utilisation de seulement trois vagues d’enquêtes communautaires sur l’innovation ne nous a pas permis de déterminer exactement au bout de combien de périodes l’innovation puisse se traduire en terme de gain de productivité. Il serait alors très intéressant d’étudier la dynamique de l’innovation sur une période plus longue permettant l’exploitation d’autres vagues de CIS.

En outre, les données dont nous disposons ne nous ont pas permis de voir s’il existe une différence au niveau de nos résultats entre les entreprises industrielles et les entreprises de services. Dans ce sens, une étude similaire et comparative entre les secteurs basée sur d’autres données d’innovation couvrant d’une manière équitable aussi bien le secteur industriel que celui des services, serait très intéressante.

Enfin, nous envisageons également de faire des études comparatives de nos résultats entre pays. En particulier, nous voulons bien comparer les résultats de notre étude menée auprès des entreprises françaises avec les résultats issus des études similaires faites auprès des entreprises des leaders européens en innovation telle que la Suède, le Danemark ou l’Allemagne. Nous souhaitons savoir également si les po-

litiques en matière de stimulation de l'activité d'innovation proposées à l'issu de ce travail de thèse sont applicables et valables aussi pour le cas des entreprises d'un pays en voie de développement comme la Tunisie.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aghion, P., C. Harris, et J. Vickers (1997). Competition and growth with step-by-step innovation : An example. *European Economic Review* 41(3), 771–782.
- Aghion, P. et P. Howitt (1990). A model of growth through creative destruction. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Amesse, F., A. Avadikyan, et P. Cohendet (2006). Ressources, compétences et stratégie de la firme. *Management International* 10, 1–16.
- Amir, R. (2005). Supermodularity and complementarity in economics : an elementary survey. *Southern Economic Journal*, 636–660.
- Amit, R. et P. J. Schoemaker (1993). Strategic assets and organizational rent. *Strategic management journal* 14(1), 33–46.
- Anderson, T. et C. Hsiao (1982). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of econometrics* 18(1), 47–82.
- Arora, A. et A. Gambardella (1994). The changing technology of technological change : general and abstract knowledge and the division of innovative labour. *Research policy* 23(5), 523–532.

- Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention.
- Arvanitis, S. (2010). Are firm innovativeness and firm age relevant for the supply of vocational training? a study based on swiss micro data. *The Open Economics Journal* 3, 43–57.
- Athey, S. et S. Stern (2002). The impact of information technology on emergency health care reforms. *RAND Journal of Economics* 33, 399–432.
- Baldwin, J., P. Hanel, et D. Sabourin (2000). Determinants of innovative activity in canadian manufacturing firms : the role of intellectual property rights.
- Baldwin, J. et J. Johnson (1999). 4. entry, innovation and firm growth. *Are small firms important? : their role and impact*, 51.
- Baltagi, B. et J. Griffin (1984). Short and long run effects in pooled models. *International Economic Review* 25(3), 631–645.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of management* 17(1), 99–120.
- Barua, A., C. Sophie Lee, et A. B. Whinston (1996). The calculus of reengineering. *Information Systems Research* 7(4), 409–428.
- Barzel, Y. (2002). *A theory of the state : Economic rights, legal rights, and the scope of the state*. Cambridge Univ Pr.
- Baumol, W. J., J. C. Panzar, R. D. Willig, E. E. Bailey, D. Fischer, et D. Fischer (1982). Contestable markets and the theory of industry structure.
- Bénézech, D., G. Lambert, B. Lanoux, C. Lerch, et J. Loos-Baroin (2001). Completion of knowledge codification : an illustration through the iso 9000 standards implementation process. *Research Policy* 30(9), 1395–1407.



- Bresnahan, T., E. Brynjolfsson, et L. Hitt (1999). Information technology, workplace organization and the demand for skilled labor : Firm-level evidence. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Bresnahan, T., E. Brynjolfsson, et M. Lorin. Hit (2002)'information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor : Firm-level evidence'. *Quarterly Journal of Economics* 117, 339–375.
- Brynjolfsson, E. et L. Hitt (2000). Beyond computation : Information technology, organizational transformation and business performance. *The Journal of Economic Perspectives* 14(4), 23–48.
- Callon, M. (1994). Is science a public good ? fifth mullins lecture, virginia polytechnic institute, 23 march 1993. *Science, Technology & Human Values* 19(4), 395–424.
- Carree, M., B. Lokshin, et R. Belderbos (2011). A note on testing for complementarity and substitutability in the case of multiple practices. *Journal of productivity Analysis* 35(3), 263–269.
- CEFiS, E. (2003). Persistence in innovation and profitability. *Rivista Internazionale di Scienze Sociali*, 19–37.
- Cefis, E. et M. Ciccarelli (2005). Profit differentials and innovation. *Economics of Innovation and New Technology* 14(1-2), 43–61.
- Cefis, E. et L. Orsenigo (2001). The persistence of innovative activities : : A cross-countries and cross-sectors comparative analysis. *Research Policy* 30(7), 1139–1158.
- Choi, B., S. K. Poon, et J. G. Davis (2008). Effects of knowledge management strategy on organizational performance : A complementarity theory-based approach. *Omega* 36(2), 235–251.

- Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *economica* 4(16), 386–405.
- Cohen, W. (1995). Empirical studies of innovative activity. in, handbook of the economics of innovation and technological change, stoneman p.
- Cohen, W. et D. Levinthal (1990). Absorptive capacity : a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128–152.
- Cohen, W. M. et S. Klepper (1996). A reprise of size and r & d. *The Economic Journal*, 925–951.
- Cohendet, P. et P. Llerena (1999). La conception de la firme comme processeur de connaissances. *Revue d'économie industrielle* 88(1), 211–235.
- Coriat, B. et O. Weinstein (2002). Organizations, firms and institutions in the generation of innovation. *Research Policy* 31(2), 273–290.
- Cozzarin, B. et J. Percival (2006). Complementarities between organisational strategies and innovation. *Economics of innovation and new technology* 15(03), 195–217.
- Crépon, B., E. Duguet, et J. Mairesse (2000). Mesurer le rendement de l'innovation. *Economie et statistique* 334(1), 65–78.
- Crepon, B., E. Duguet, et J. Mairessec (1998). Research, innovation and productivity : An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New technology* 7(2), 115–158.
- Den Besten, M., J. Dalle, et F. Galia (2008). The allocation of collaborative efforts in open-source software. *Information Economics and Policy* 20(4), 316–322.
- Dosi, G. (1998). The contribution of economic theory to the understanding of a knowledge-based economy. *The economic impact of knowledge, Ed. Butterworth-Heinemann*.

- Dosi, G. et L. Marengo (1994). Some elements of an evolutionary theory of organizational competences.
- Dosi, G., D. Teece, et J. Chytry (1998). *Technology, organization, and competitiveness : perspectives on industrial and corporate change*. Oxford University Press.
- Doz, Y. (1992). The role of partnerships and alliances in the european industrial restructuring. *European Industrial Restructuring in the 1990s*. London : Macmillan, 294–327.
- Duguet, E. et S. Monjon (2002). Creative destruction and the innovative core : is innovation persistent at the firm level ?
- Edquist, C. et L. Hommen (1997). Government technology procurement as a policy instrument in the tser-project on innovation systems and european integration, department of technology and social change, linköping : Linköping univesity.
- Edquist, C. J. et B. Johnson. B. 1997. institutions and organisations in systems of innovations.
- Flinn, C. et J. Heckman (1982). New methods for analyzing structural models of labor force dynamics. *Journal of Econometrics* 18(1), 115–168.
- Fontana, R. et L. Nesta (2009). Product innovation and survival in a high-tech industry. *Review of Industrial Organization* 34(4), 287–306.
- Foray, D. et B. Lundvall (1996). The knowledge-based economy. *Paris : OCDE*.
- Fransman, M. (1994). Information, knowledge, vision and theories of the firm. *Industrial and corporate change* 3(3), 713–757.
- Freeman, C. (1974). Innovation and the strategy of the firm. *C. Freeman, The Economics of Industrial Innovation, Penguin Books Ltda., Harmondsworth*.

- Freeman, R. E. (1994). The politics of stakeholder theory : Some future directions. *Business ethics quarterly*, 409–421.
- Galia, F. et D. Legros (2003). Knowledge management and human resource practices in an innovation perspective : evidence from france. *Ermes–Université Panthéon-Assas Paris II, May, mimeo*.
- Galia, F. et D. Legros (2004a). Complementarities between obstacles to innovation : evidence from france. *Research Policy* 33(8), 1185–1199.
- Galia, F. et D. Legros (2004b). Research and development, innovation, training, quality and profitability : evidence from france. *Working Papers ERMES*.
- Galia, F. et D. Legros (2005). Testing for complementarities between team, incentives, training and knowledge management : evidence from france. Dans *workshop on Organizing the Search for Technological Innovation, Copenhagen Business School, October*.
- Garrouste, P. (1999). Apprentissage, interactions, et création de connaissance. *Revue d'économie industrielle* 88(1), 137–151.
- Geroski, P. A., J. Van Reenen, et C. F. Walters (1997). How persistently do firms innovate? *Research Policy* 26(1), 33–48.
- Gómez-Pérez, A. (1994). From knowledge based systems to knowledge sharing technology : Evaluation and assessment.
- Gómez-Pérez, A. (1996). Towards a framework to verify knowledge sharing technology. *Expert Systems with Applications* 11(4), 519–529.
- Gourieroux, C., A. Monfort, et A. Trognon (1985). Moindres carrés asymptotiques. Dans *Annales de l'INSEE*, pp. 91–122. JSTOR.

- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage : implications for strategy formulation. *Knowledge and strategy*, 3–23.
- Greenan, N. et J. Mairesse (2004). «a firm level investigation of the complementarity between information and communication technologies and new organizational practices». Dans *Annual Conference of the Western Economics Association, June*, Volume 29. Citeseer.
- Greene, W. (2000). *Econometric analysis*, Volume 5. Prentice hall Upper Saddle River, NJ.
- Griffith, D. et M. Harvey (2001). A resource perspective of global dynamic capabilities. *Journal of International Business Studies*, 597–606.
- Griffith, R., E. Huergo, J. Mairesse, et B. Peters (2006). Innovation and productivity across four european countries. *Oxford Review of Economic Policy* 22(4), 483–498.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 92–116.
- Hajjem, O., M. Ayadi, et P. Garrouste (2011). Complementarities between organizational changes, r&d activity and technological cooperation for the french manufacturing firms. Technical report, University Library of Munich, Germany.
- Hamel, G. (1991). Competition for competence and interpartner learning within international strategic alliances. *Strategic management journal* 12(S1), 83–103.
- Hamel, G. et C. K. Prahalad (1994). Strategy as a field of study : Why search for a new paradigm? *Strategic management journal* 15(S2), 5–16.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica : Journal of the Econometric Society*, 1251–1271.

- Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica : Journal of the econometric society*, 153–161.
- Heckman, J. J. (1981). Heterogeneity and state dependence. Dans *Studies in labor markets*, pp. 91–140. University of Chicago Press.
- Holmström, B. et J. Roberts (1998). The boundaries of the firm revisited. *The Journal of Economic Perspectives*, 73–94.
- Huergo, E. et L. Moreno (2011). Does history matter for the relationship between r&d, innovation, and productivity? *Industrial and Corporate Change* 20(5), 1335–1368.
- Ichniowski, C, S. K. et G. Prennushi. The effects of human resources management practices on productivity. *American economic Review* 59, 291–313.
- Jensen, M. et W. Meckling (1976). The theory of the firm : Managerial behavior. *Agency Costs and Ownership Structure. Journal of Financial Economics* 3.
- Karray, Z. (2003). Compétences pour innover et coopérations technologiques-une analyse multivariée de l'industrie française. *Revue d'économie industrielle* 102(1), 29–53.
- Kremp, E. et J. Mairesse (2003). Knowledge management, innovation and productivity a firm level exploration based on the french cis3 data. *SESSI, CREST-INSEE*.
- Landry, R., N. Amara, et M. Lamari (2001). Utilization of social science research knowledge in canada. *Research policy* 30(2), 333–349.
- Landry, R., M. Lamari, et R. Nimijean (1999). *Stimuler l'innovation par le développement de milieux créateurs : un examen des politiques et pratiques émergentes*. Développement économique Canada.

- Leonard-Barton, D. (1992). The factory as a learning laboratory. *Sloan Management Review* 34, 23–23.
- Lööf, H. et A. Heshmati (2002). Knowledge capital and performance heterogeneity : : A firm-level innovation study. *International Journal of Production Economics* 76(1), 61–85.
- Lundvall, B.-A. (1997). National systems and national styles of innovation. Dans *4th International ASEAT Conference 'Differences in styles of technological innovation', Manchester*, pp. 2–4.
- Lundvall, B.-ä. et B. Johnson (1994). The learning economy. *Journal of industry studies* 1(2), 23–42.
- Mairesse, J. et B. Hall (1996). Estimating the productivity of research and development in french and united states manufacturing firms : An exploration of simultaneity issues with gmm methods. *CONTRIBUTIONS TO ECONOMIC ANALYSIS* 233, 285–315.
- Mairesse, J. et P. Mohnen (2002). Accounting for innovation and measuring innovativeness : an illustrative framework and an application. *The American Economic Review* 92(2), 226–230.
- Mairesse, J. et P. Mohnen (2010). Using innovations surveys for econometric analysis. Technical report, National Bureau of Economic Research.
- Malerba, F. (1992). Learning by firms and incremental technical change. *The economic journal*, 845–859.
- Malerba, F. et L. Orsenigo (1993). Technological regimes and firm behavior. *Industrial and corporate change* 2(1), 45–71.

- Malerba, F. et L. Orsenigo (1999). Technological entry, exit and survival : an empirical analysis of patent data. *Research Policy* 28(6), 643–660.
- Manez Castillejo, J., M. Rochina Barrachina, A. Sanchis Llopis, et J. Sanchis Llopis (2004). A dynamic approach to the decision to invest in r&d : the role of sunk costs. *Universidad de Valencia, mimeo*.
- Mansfield, E. (1968). Industrial research and technological innovation ; an econometric analysis.
- Milgrom, P. et J. Roberts (1990). The economics of modern manufacturing : Technology, strategy, and organization. *The American Economic Review*, 511–528.
- Milgrom, P. et J. Roberts (1995). Complementarities and fit strategy, structure, and organizational change in manufacturing. *Journal of accounting and economics* 19(2), 179–208.
- Mohnen, P. et L.-H. Röller (2005). Complementarities in innovation policy. *European Economic Review* 49(6), 1431–1450.
- Moreno, L. et E. Huergo (2010). Does history matter for the relationship between r&d, innovation and productivity? Dans *CONCORD 2010 Conference, Sevilla, 3-4 March 2010*.
- Mothe, C., B. Quelin, et J.-e.-J. F. G. H. Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris (1997). *R & D consortia and the creation of new competences*.
- Mowery, D. C. et N. Rosenberg (1989). *Technology and the pursuit of economic growth*. Cambridge University Press.
- Musolesi, A. (2007). Basic stocks of knowledge and productivity : Further evidence from the hierarchical bayes estimator. *Economics Letters* 95(1), 54–59.



- MUSTAR, P. (1994). Dossier innovation. *Gérer & comprendre* 19(34-37), 4.
- Nelson, R. et S. Winter (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Belknap press.
- Nonaka, I. et H. Takeuchi (1995). *The knowledge-creating company : How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press, USA.
- Orlean, A. (1991). Disorder on the stock-market. *RECHERCHE* 22(232), 668–672.
- Padmore, T. et H. Gibson (1998). Modelling systems of innovation : : : li. a framework for industrial cluster analysis in regions. *Research policy* 26(6), 625–641.
- Penrose, E. T. (1959). The theory of the growth of the firm. *Great Britain : Basil Blackwell and Mott Ltd.*
- Percival, J. (2008). Complementarities between information sources to support the implementation of advanced manufacturing technologies. Dans *Management of Innovation and Technology, 2008. ICMIT 2008. 4th IEEE International Conference on*, pp. 1319–1324. IEEE.
- Peri, G. (2005). Determinants of knowledge flows and their effect on innovation. *Review of Economics and Statistics* 87(2), 308–322.
- Peters, B. (2009). Persistence of innovation : stylised facts and panel data evidence. *The Journal of Technology Transfer* 34(2), 226–243.
- Phillips, I. (1971). Factors influencing the distribution of growth between stem and axillary buds in decapitated bean plants. *Journal of Experimental Botany* 22(2), 465–471.
- Polder, M., G. v. Leeuwen, P. Mohnen, et W. Raymond (2010). Product, process and organizational innovation : drivers, complementarity and productivity effects. *CIRANO-Scientific Publications 2010s-28*.

- Porter, M. E. (1980). Industry structure and competitive strategy : Keys to profitability. *Financial Analysts Journal* 36(4), 30–41.
- Prahalad, C. et G. Hamel (1990). The core competence of the corporation. *Harvard business review* 68(3), 79–91.
- Quélin, B. (1996). Appropriability and the creation of new capabilities through strategic alliances», in, r. sanchez et a. heene (eds), strategic learning and knowledge management.
- Rahmouni, M., M. Ayadi, et M. Yıldızoğlu (2010). Characteristics of innovating firms in tunisia : The essential role of external knowledge sources. *Structural Change and Economic Dynamics* 21(3), 181–196.
- Raymond, W., P. Mohnen, F. Palm, et S. Van Der Loeff (2010). Persistence of innovation in dutch manufacturing : Is it spurious? *The Review of Economics and Statistics* 92(3), 495–504.
- Robin, S. et J. Mairesse (2008). Innovation and productivity : a firm-level analysis for french manufacturing and services using cis3 and cis4 data (1998-2000 and 2002-2004). *Paris : CREST-ENSAE..*
- Romer, P. M. (1990). Human capital and growth : theory and evidence. Dans *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Volume 32, pp. 251–286. Elsevier.
- Rothwell, R., C. Freeman, A. Horlsey, V. Jervis, A. Robertson, et J. Townsend (1974). Sappho updated-project sappho phase ii. *Research policy* 3(3), 258–291.
- Samuelson, P. A. (1974). Complementarity : An essay on the 40th anniversary of the hicks-allen revolution in demand theory. *Journal of Economic Literature*, 1255–1289.

- Schumpeter, J. (1964). Business cycles; a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development : An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*, Volume 55. Transaction publishers.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Socialism, capitalism and democracy*. Harper and Brothers.
- Segrestin, B. (2003). La gestion des partenariats d'exploration : spécificités, crises et formes de rationalisation. *Résumé 12*, 05.
- Stiglitz, J. et A. Weiss (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. *The American economic review* 71(3), 393–410.
- Stoneman, P. et N. Ireland (1983). The role of supply factors in the diffusion of new process technology. *The Economic Journal*, 66–78.
- Tassej, G. (1991). The functions of technology infrastructure in a competitive economy. *Research Policy* 20(4), 345–361.
- Teece, D. (1988). Capturing value from technological innovation : Integration, strategic partnering, and licensing decisions. *Interfaces*, 46–61.
- Topkis, D. (1978). Minimizing a submodular function on a lattice. *Operations Research*, 305–321.
- Topkis, D. M. (1968). Optimal ordering and rationing policies in a nonstationary dynamic inventory model with n demand classes. *Management Science* 15(3), 160–176.
- Train, K. (2003). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge Univ Pr.

- van Giessel, J. et P. Boekholt (2005). Valorising the innovation capacity of the firm. *European Commission, Brussels*.
- Vives, X. (1985). On the efficiency of bertrand and cournot equilibria with product differentiation. *Journal of Economic Theory* 36(1), 166–175.
- Vives, X. (1990). Nash equilibrium with strategic complementarities. *Journal of Mathematical Economics* 19(3), 305–321.
- Vives, X. (2005). Complementarities and games : New developments. *Journal of Economic Literature*, 437–479.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic management journal* 5(2), 171–180.
- Whittington, R., A. Pettigrew, S. Peck, E. Fenton, et M. Conyon (1999). Change and complementarities in the new competitive landscape : a european panel study, 1992–1996. *Organization Science* 10(5), 583–600.
- Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. Simon and Schuster.
- Williamson, O. E. (1991). Comparative economic organization : The analysis of discrete structural alternatives. *Administrative science quarterly*, 269–296.
- Winter, S. G. (1995). *Four Rs of profitability : rents, resources, routines, and replication*. Springer.
- Wooldridge, J. (2005). Simple solutions to the initial conditions problem in dynamic, nonlinear panel data models with unobserved heterogeneity. *Journal of applied econometrics* 20(1), 39–54.
- Zollo, M., S. Winter, et Insead (1999). *From organizational routines to dynamic capabilities*. Citeseer.

## A.1 Estimation des modèles probit à variables instrumentales en deux étapes

```
. ivprobit innpcd dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
co (innorg = gp frein_con), twostep
Checking reduced-form model...
```

```
Two-step probit with endogenous regressors      Number of obs   =      5173
                                                Wald chi2(9)    =     1939.42
                                                Prob > chi2     =      0.0000
```

|             | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| innorg      | .1956577  | .7268266  | 0.27   | 0.788 | -1.228896 1.620212   |
| dde_pull    | .1868889  | .0290326  | 6.44   | 0.000 | .1299861 .2437918    |
| taille      | .0733887  | .0299932  | 2.45   | 0.014 | .0146031 .1321743    |
| hautech     | .2054615  | .5103031  | 0.40   | 0.687 | -.7947141 1.205637   |
| moyhotech   | .2419142  | .2675654  | 0.90   | 0.366 | -.2825044 .7663327   |
| moyfaibtech | -.1666904 | .2441385  | -0.68  | 0.495 | -.6451931 .3118123   |
| faibtech    | -.2488107 | .2627234  | -0.95  | 0.344 | -.7637391 .2661177   |
| rrdin       | .7999349  | .1015285  | 7.88   | 0.000 | .6009427 .998927     |
| co          | .2770777  | .0740591  | 3.74   | 0.000 | .1319246 .4222309    |
| _cons       | -1.861935 | .1836569  | -10.14 | 0.000 | -2.221896 -1.501974  |

```
Instrumented: innorg
Instruments: dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
              co gp frein_con
```

```
Wald test of exogeneity:      chi2(1) =      0.52      Prob > chi2 = 0.4703
```

```
. override
```

```
Test of overidentifying restrictions:
Amemiya-Lee-Newey minimum chi-sq statistic      0.101  Chi-sq(1)  P-value = 0.7508
```

```
. ivprobit innpdt dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
co (innorg =gp frein_con), twostep
Checking reduced-form model...
```

```
Two-step probit with endogenous regressors      Number of obs   =      5173
                                                Wald chi2(9)    =     2279.46
                                                Prob > chi2     =      0.0000
```

|             | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| innorg      | 1.094947  | .8109718  | 1.35   | 0.177 | -.494528 2.684423    |
| dde_pull    | .1355775  | .0322308  | 4.21   | 0.000 | .0724064 .1987487    |
| taille      | .0744445  | .0334022  | 2.23   | 0.026 | .0089774 .1399117    |
| hautech     | -.4776229 | .5557958  | -0.86  | 0.390 | -1.566963 .6117169   |
| moyhotech   | .1392501  | .2985741  | 0.47   | 0.641 | -.4459444 .7244446   |
| moyfaibtech | .6194925  | .3002083  | 2.06   | 0.039 | .031095 1.20789      |
| faibtech    | -.515241  | .3097801  | -1.66  | 0.096 | -1.122399 .0919168   |
| rrdin       | 1.365723  | .1110604  | 12.30  | 0.000 | 1.148048 1.583397    |
| co          | .2844335  | .0822454  | 3.46   | 0.001 | .1232355 .4456314    |
| _cons       | -2.429336 | .2072362  | -11.72 | 0.000 | -2.835512 -2.023161  |

```
Instrumented: innorg
Instruments: dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
              co gp frein_con
```

```
Wald test of exogeneity:      chi2(1) =      1.55      Prob > chi2 = 0.2125
```

```
. overid
```

```
Test of overidentifying restrictions:
Amemiya-Lee-Newey minimum chi-sq statistic      1.969      Chi-sq(1)      P-value = 0.1605
```

## A.2 Estimation des modèles probit simples

```
. probit innpdt dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
co innorg
```

```
Iteration 0: log likelihood = -3536.9101
Iteration 1: log likelihood = -1656.6367
Iteration 2: log likelihood = -1637.1454
Iteration 3: log likelihood = -1637.0977
Iteration 4: log likelihood = -1637.0977
```

```
Probit regression      Number of obs   =      5173
                        LR chi2(9)                =     3799.62
                        Prob > chi2                 =      0.0000
Log likelihood = -1637.0977      Pseudo R2       =      0.5371
```

| innpdt      | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| dde_pull    | .1727718  | .0095073  | 18.17  | 0.000 | .1541379 .1914057    |
| taille      | .105199   | .0210188  | 5.00   | 0.000 | .0640029 .1463951    |
| hautech     | -.3858526 | .5294766  | -0.73  | 0.466 | -1.423608 .6519024   |
| moyhotech   | .1169966  | .2869597  | 0.41   | 0.683 | -.4454341 .6794273   |
| moyfaibtech | .5617988  | .2874001  | 1.95   | 0.051 | -.0014951 1.125093   |
| faibtech    | -.5643072 | .300649   | -1.88  | 0.061 | -1.153568 .024954    |
| rrdin       | 1.47958   | .0570421  | 25.94  | 0.000 | 1.36778 1.591381     |
| co          | .3512549  | .0584878  | 6.01   | 0.000 | .236621 .4658888     |
| innorg      | .1170093  | .0532766  | 2.20   | 0.028 | .0125891 .2214294    |
| _cons       | -2.216842 | .1049343  | -21.13 | 0.000 | -2.422509 -2.011174  |

```
. probit innpcd dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech faibtech rrdin
co innorg
```

```
Iteration 0: log likelihood = -3497.7357
Iteration 1: log likelihood = -2093.2378
Iteration 2: log likelihood = -2078.8465
Iteration 3: log likelihood = -2078.8386
Iteration 4: log likelihood = -2078.8386
```

```
Probit regression                               Number of obs   =       5173
                                                LR chi2(9)     =      2837.79
                                                Prob > chi2    =       0.0000
Log likelihood = -2078.8386                    Pseudo R2      =       0.4057
```

|             | innpcd | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------------|--------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| dde_pull    |        | .1671688  | .0088601  | 18.87  | 0.000 | .1498033             | .1845343  |
| taille      |        | .0570266  | .0191599  | 2.98   | 0.003 | .0194739             | .0945792  |
| hautech     |        | .1588561  | .5014477  | 0.32   | 0.751 | -.8239633            | 1.141675  |
| moyhotech   |        | .2524101  | .264059   | 0.96   | 0.339 | -.265136             | .7699562  |
| moyfaibtech |        | -.1375118 | .2374687  | -0.58  | 0.563 | -.602942             | .3279184  |
| faibtech    |        | -.2244526 | .2579765  | -0.87  | 0.384 | -.7300772            | .281172   |
| rrdin       |        | .7395133  | .0552565  | 13.38  | 0.000 | .6312125             | .8478141  |
| co          |        | .2412879  | .0537832  | 4.49   | 0.000 | .1358747             | .3467011  |
| innorg      |        | .7141871  | .0468998  | 15.23  | 0.000 | .6222652             | .8061091  |
| _cons       |        | -1.974239 | .0946127  | -20.87 | 0.000 | -2.159676            | -1.788801 |

### A.3 Tests de complémentarité

```
. prvalue, x( dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd
Confidence intervals by delta method
```

```

          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.2844 [ 0.2676, 0.3012]
Pr(y=0|x):      0.7156 [ 0.6988, 0.7324]
```

```

      dde_pull      taille      hautech      moyhotech      moyfaibtech      faibtech
x=          2      4.59512      .00193311      .00657259      .00695921      .00869901

      rrdin      co      innorg
x=      .46800696      .27218249      .55615697
```

```
. prvalue, x(rrdin=0 co=0 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd
Confidence intervals by delta method
```

```

          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.0840 [ 0.0705, 0.0975]
Pr(y=0|x):      0.9160 [ 0.9025, 0.9295]
```

```

      dde_pull      taille      hautech      moyhotech      moyfaibtech      faibtech
x=          2      4.59512      .00193311      .00657259      .00695921      .00869901

      rrdin      co      innorg
x=          0          0          0
```

```

. prvalue, x(rrdin=1 co=0 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd

Confidence intervals by delta method
          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.2613 [ 0.2288, 0.2938]
Pr(y=0|x):      0.7387 [ 0.7062, 0.7712]
      dde_pull  taille  hautech  moyhotech  moyfaibtech  faibtech
x=          2      4.59512  .00193311  .00657259  .00695921  .00869901
      rrdin      co      innorg
x=          1          0          0

. prvalue, x(rrdin=0 co=1 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd

Confidence intervals by delta method
          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.1277 [ 0.1009, 0.1545]
Pr(y=0|x):      0.8723 [ 0.8455, 0.8991]
      dde_pull  taille  hautech  moyhotech  moyfaibtech  faibtech
x=          2      4.59512  .00193311  .00657259  .00695921  .00869901
      rrdin      co      innorg
x=          0          1          0

. prvalue, x(rrdin=0 co=0 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd

Confidence intervals by delta method
          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.2531 [ 0.2278, 0.2785]
Pr(y=0|x):      0.7469 [ 0.7215, 0.7722]
      dde_pull  taille  hautech  moyhotech  moyfaibtech  faibtech
x=          2      4.59512  .00193311  .00657259  .00695921  .00869901
      rrdin      co      innorg
x=          0          0          1

. prvalue, x(rrdin=1 co=1 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd

Confidence intervals by delta method
          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.3453 [ 0.3007, 0.3899]
Pr(y=0|x):      0.6547 [ 0.6101, 0.6993]
      dde_pull  taille  hautech  moyhotech  moyfaibtech  faibtech
x=          2      4.59512  .00193311  .00657259  .00695921  .00869901
      rrdin      co      innorg
x=          1          1          0

. prvalue, x(rrdin=1 co=0 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd
Confidence intervals by delta method
          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.5299 [ 0.4933, 0.5664]
Pr(y=0|x):      0.4701 [ 0.4336, 0.5067]
      dde_pull  taille  hautech  moyhotech  moyfaibtech  faibtech
x=          2      4.59512  .00193311  .00657259  .00695921  .00869901
      rrdin      co      innorg
x=          1          0          1

```



```
. prvalue, x(rrdin=0 co=1 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd
Confidence intervals by delta method
```

|            |          |         |                    |            |             |           |
|------------|----------|---------|--------------------|------------|-------------|-----------|
|            |          |         | 95% Conf. Interval |            |             |           |
| Pr(y=1 x): | 0.3360   |         | [ 0.2926,          | 0.3795]    |             |           |
| Pr(y=0 x): | 0.6640   |         | [ 0.6205,          | 0.7074]    |             |           |
|            | dde_pull | taille  | hautech            | moyhottech | moyfaibtech | faibtech  |
| x=         | 2        | 4.59512 | .00193311          | .00657259  | .00695921   | .00869901 |
|            | rrdin    | co      | innorg             |            |             |           |
| x=         | 0        | 1       | 1                  |            |             |           |

```
. prvalue, x(rrdin=1 co=1 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpcd
Confidence intervals by delta method
```

|            |          |         |                    |            |             |           |
|------------|----------|---------|--------------------|------------|-------------|-----------|
|            |          |         | 95% Conf. Interval |            |             |           |
| Pr(y=1 x): | 0.6241   |         | [ 0.5821,          | 0.6660]    |             |           |
| Pr(y=0 x): | 0.3759   |         | [ 0.3340,          | 0.4179]    |             |           |
|            | dde_pull | taille  | hautech            | moyhottech | moyfaibtech | faibtech  |
| x=         | 2        | 4.59512 | .00193311          | .00657259  | .00695921   | .00869901 |
|            | rrdin    | co      | innorg             |            |             |           |
| x=         | 1        | 1       | 1                  |            |             |           |

```
. prvalue, x(dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpdt
Confidence intervals by delta method
```

|            |           |           |                    |            |             |           |
|------------|-----------|-----------|--------------------|------------|-------------|-----------|
|            |           |           | 95% Conf. Interval |            |             |           |
| Pr(y=1 x): | 0.2961    |           | [ 0.2770,          | 0.3151]    |             |           |
| Pr(y=0 x): | 0.7039    |           | [ 0.6849,          | 0.7230]    |             |           |
|            | dde_pull  | taille    | hautech            | moyhottech | moyfaibtech | faibtech  |
| x=         | 2         | 4.59512   | .00193311          | .00657259  | .00695921   | .00869901 |
|            | rrdin     | co        | innorg             |            |             |           |
| x=         | .46800696 | .27218249 | .55615697          |            |             |           |

```
. prvalue, x(rrdin=0 co=0 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpdt
Confidence intervals by delta method
```

|            |          |         |                    |            |             |           |
|------------|----------|---------|--------------------|------------|-------------|-----------|
|            |          |         | 95% Conf. Interval |            |             |           |
| Pr(y=1 x): | 0.0824   |         | [ 0.0682,          | 0.0967]    |             |           |
| Pr(y=0 x): | 0.9176   |         | [ 0.9033,          | 0.9318]    |             |           |
|            | dde_pull | taille  | hautech            | moyhottech | moyfaibtech | faibtech  |
| x=         | 2        | 4.59512 | .00193311          | .00657259  | .00695921   | .00869901 |
|            | rrdin    | co      | innorg             |            |             |           |
| x=         | 0        | 0       | 0                  |            |             |           |

```
. prvalue, x(rrdin=0 co=1 innorg=0 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpdt
```

Confidence intervals by delta method

|            |        | 95% Conf. Interval |         |
|------------|--------|--------------------|---------|
| Pr(y=1 x): | 0.5361 | [ 0.4946,          | 0.5776] |
| Pr(y=0 x): | 0.4639 | [ 0.4224,          | 0.5054] |

| x= | dde_pull | taille  | hautech   | moyhotech | moyfaibtech | faibtech  |
|----|----------|---------|-----------|-----------|-------------|-----------|
|    | 2        | 4.59512 | .00193311 | .00657259 | .00695921   | .00869901 |

| x= | rrdin | co | innorg |
|----|-------|----|--------|
|    | 1     | 0  | 0      |

. prvalue, x(rrdin=0 co=0 innorg=1 dde\_pull=median taille=median) rest(mean)

probit: Predictions for innpdt

Confidence intervals by delta method

|            |        | 95% Conf. Interval |         |
|------------|--------|--------------------|---------|
| Pr(y=1 x): | 0.1017 | [ 0.0851,          | 0.1183] |
| Pr(y=0 x): | 0.8983 | [ 0.8817,          | 0.9149] |

| x= | dde_pull | taille  | hautech   | moyhotech | moyfaibtech | faibtech  |
|----|----------|---------|-----------|-----------|-------------|-----------|
|    | 2        | 4.59512 | .00193311 | .00657259 | .00695921   | .00869901 |

| x= | rrdin | co | innorg |
|----|-------|----|--------|
|    | 0     | 0  | 1      |

. prvalue, x(rrdin=1 co=1 innorg=0 dde\_pull=median taille=median) rest(mean)

probit: Predictions for innpdt

Confidence intervals by delta method

|            |        | 95% Conf. Interval |         |
|------------|--------|--------------------|---------|
| Pr(y=1 x): | 0.6707 | [ 0.6232,          | 0.7183] |
| Pr(y=0 x): | 0.3293 | [ 0.2817,          | 0.3768] |

| x= | dde_pull | taille  | hautech   | moyhotech | moyfaibtech | faibtech  |
|----|----------|---------|-----------|-----------|-------------|-----------|
|    | 2        | 4.59512 | .00193311 | .00657259 | .00695921   | .00869901 |

| x= | rrdin | co | innorg |
|----|-------|----|--------|
|    | 1     | 1  | 0      |

. prvalue, x(rrdin=1 co=0 innorg=1 dde\_pull=median taille=median) rest(mean)

probit: Predictions for innpdt

Confidence intervals by delta method

|            |        | 95% Conf. Interval |         |
|------------|--------|--------------------|---------|
| Pr(y=1 x): | 0.5823 | [ 0.5443,          | 0.6202] |
| Pr(y=0 x): | 0.4177 | [ 0.3798,          | 0.4557] |

| x= | dde_pull | taille  | hautech   | moyhotech | moyfaibtech | faibtech  |
|----|----------|---------|-----------|-----------|-------------|-----------|
|    | 2        | 4.59512 | .00193311 | .00657259 | .00695921   | .00869901 |

| x= | rrdin | co | innorg |
|----|-------|----|--------|
|    | 1     | 0  | 1      |

```

. prvalue, x(rrdin=0 co=1 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpdt
Confidence intervals by delta method

          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.1786 [ 0.1440, 0.2132]
Pr(y=0|x):      0.8214 [ 0.7868, 0.8560]

      dde_pull      taille      hautech      moyhotech      moyfaibtech      faibtech
x=          2      4.59512      .00193311      .00657259      .00695921      .00869901

      rrdin      co      innorg
x=          0          1          1

. prvalue, x(rrdin=1 co=1 innorg=1 dde_pull=median taille=median) rest(mean)
probit: Predictions for innpdt
Confidence intervals by delta method

          95% Conf. Interval
Pr(y=1|x):      0.7119 [ 0.6710, 0.7528]
Pr(y=0|x):      0.2881 [ 0.2472, 0.3290]

      dde_pull      taille      hautech      moyhotech      moyfaibtech      faibtech
x=          2      4.59512      .00193311      .00657259      .00695921      .00869901

      rrdin      co      innorg
x=          1          1          1

```

# ANNEXE B

## ANNEXES DU CHAPITRE 4

### B.1 Estimation des équations des inputs d'innovation

```
. heckman lnrdin gp co sentg ssup scli scom suni con_inter prot_strat prot_form
dde_pull fin_pub hautech moyhotech moyfaibtech faibtech, twostep select (rrdin
= gp con_inter prot_strat prot_form dde_pull hautech moyhotech moyfaibtech
faibtech taille) rhosigma
```

```
Heckman selection model -- two-step estimates      Number of obs      =      4965
(regression model with sample selection)          Censored obs       =      2752
                                                    Uncensored obs     =      2213

                                                    Wald chi2(16)      =      559.07
                                                    Prob > chi2        =      0.0000
```

|             | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| lnrdin      |           |           |       |       |                      |           |
| gp          | 1.467456  | .1643402  | 8.93  | 0.000 | 1.145356             | 1.789557  |
| co          | .5113394  | .0870997  | 5.87  | 0.000 | .3406272             | .6820517  |
| sentg       | .2923315  | .0579748  | 5.04  | 0.000 | .178703              | .40596    |
| ssup        | -.0604927 | .0432081  | -1.40 | 0.162 | -.145179             | .0241936  |
| scli        | .0259821  | .0446503  | 0.58  | 0.561 | -.061531             | .1134951  |
| scom        | .0364839  | .0497849  | 0.73  | 0.464 | -.0610927            | .1340605  |
| suni        | .3896225  | .0517726  | 7.53  | 0.000 | .2881502             | .4910949  |
| con_inter   | .8993058  | .156863   | 5.73  | 0.000 | .59186               | 1.206752  |
| prot_strat  | .8186804  | .1385202  | 5.91  | 0.000 | .5471859             | 1.090175  |
| prot_form   | .9887053  | .1224336  | 8.08  | 0.000 | .7487398             | 1.228671  |
| dde_pull    | 1.884815  | .5305712  | 3.55  | 0.000 | .8449151             | 2.924716  |
| fin_pub     | .6209241  | .1065494  | 5.83  | 0.000 | .4120912             | .8297571  |
| hautech     | .1808895  | .9933644  | 0.18  | 0.856 | -1.766069            | 2.127848  |
| moyhotech   | .5741366  | .5120215  | 1.12  | 0.262 | -.4294072            | 1.57768   |
| moyfaibtech | -.6466861 | .4472471  | -1.45 | 0.148 | -1.523274            | .2299021  |
| faibtech    | -2.03213  | .5883035  | -3.45 | 0.001 | -3.185184            | -.8790762 |
| _cons       | -.8140017 | .9335609  | -0.87 | 0.383 | -2.643747            | 1.015744  |

```

Iteration 3: log pseudolikelihood = -578.23849
Iteration 4: log pseudolikelihood = -578.23849
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 151.15
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.0963
Log pseudolikelihood = -578.23849

```

| st_0111      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .199415   | .0702087         | 2.84  | 0.005 | .0618084             | .3370215  |
| pr_lnrldex   | -.2572361 | .0578468         | -4.45 | 0.000 | -.3706137            | -.1438584 |
| pr_lrmacx    | .3839978  | .0727644         | 5.28  | 0.000 | .2413823             | .5266134  |
| prot_strat   | -.5053527 | .1211395         | -4.17 | 0.000 | -.7427818            | -.2679236 |
| prot_form    | -.6578775 | .1454642         | -4.52 | 0.000 | -.942982             | -.3727729 |
| taille       | -.0821918 | .0377864         | -2.18 | 0.030 | -.1562517            | -.0081318 |
| gp           | -.2709132 | .1656268         | -1.64 | 0.102 | -.5955358            | .0537095  |
| co           | -.0176728 | .1263451         | -0.14 | 0.889 | -.2653047            | .2299591  |
| agri_alim    | -.3868444 | .3224553         | -1.20 | 0.230 | -1.018845            | .2451564  |
| consommation | -.4005839 | .3197294         | -1.25 | 0.210 | -1.027242            | .2260742  |
| AUTOMOBILE   | -.9548052 | .3744848         | -2.55 | 0.011 | -1.688782            | -.2208285 |
| EQUIPEMENT   | -.8586624 | .3301765         | -2.60 | 0.009 | -1.505797            | -.2115283 |
| INTERMEDIA-S | -.809021  | .3208611         | -2.52 | 0.012 | -1.437897            | -.1801448 |
| ENERGIE      | -.2183159 | .3615524         | -0.60 | 0.546 | -.9269456            | .4903138  |
| _cons        | .5242476  | .8874156         | 0.59  | 0.555 | -1.215055            | 2.26355   |

```

. predict prb0111
(option pr assumed; Pr(st_0111))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1111 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -2205.7492
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1602.5986
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1538.5559
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1536.7174
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1536.7111
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1536.7111
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 801.58
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.3033
Log pseudolikelihood = -1536.7111

```

| st_1111      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .2924941  | .042806          | 6.83  | 0.000 | .2085958             | .3763923  |
| pr_lnrldex   | -.1472891 | .0378019         | -3.90 | 0.000 | -.2213794            | -.0731987 |
| pr_lrmacx    | .0524428  | .0489058         | 1.07  | 0.284 | -.0434108            | .1482964  |
| prot_strat   | -.1926618 | .0743923         | -2.59 | 0.010 | -.3384681            | -.0468556 |
| prot_form    | -.1307819 | .0942725         | -1.39 | 0.165 | -.3155526            | .0539888  |
| taille       | .0503343  | .0235107         | 2.14  | 0.032 | .0042541             | .0964144  |
| gp           | -.6134104 | .101807          | -6.03 | 0.000 | -.8129485            | -.4138722 |
| co           | .1294222  | .0704708         | 1.84  | 0.066 | -.0086981            | .2675424  |
| agri_alim    | -.2818872 | .3252442         | -0.87 | 0.386 | -.9193541            | .3555797  |
| consommation | -.2894429 | .3236515         | -0.89 | 0.371 | -.9237883            | .3449024  |
| AUTOMOBILE   | -.7606522 | .3431192         | -2.22 | 0.027 | -1.433153            | -.088151  |
| EQUIPEMENT   | -.4551333 | .3251681         | -1.40 | 0.162 | -1.092451            | .1821844  |
| INTERMEDIA-S | -.4375837 | .3222985         | -1.36 | 0.175 | -1.069277            | .1941097  |
| ENERGIE      | -.2288655 | .3670613         | -0.62 | 0.533 | -.9482924            | .4905613  |
| _cons        | .0321499  | .6035586         | 0.05  | 0.958 | -1.150803            | 1.215103  |

```

Heckman selection model -- two-step estimates      Number of obs      =      4804
(regression model with sample selection)          Censored obs       =      3955
                                                    Uncensored obs     =      849

                                                    Wald chi2(16)      =      33.83
                                                    Prob > chi2        =      0.0057

```

|             | Coef.      | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------------|------------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| -----       |            |           |        |       |                      |           |
| lnrdex      |            |           |        |       |                      |           |
| gp          | -2.282377  | .7621223  | -2.99  | 0.003 | -3.776109            | -.7886444 |
| co          | .2924306   | .3000289  | 0.97   | 0.330 | -.2956151            | .8804764  |
| sentg       | .2420248   | .1890934  | 1.28   | 0.201 | -.1285915            | .6126412  |
| ssup        | -.0787459  | .1445222  | -0.54  | 0.586 | -.3620042            | .2045123  |
| scli        | .0860952   | .1517395  | 0.57   | 0.570 | -.2113089            | .3834992  |
| scom        | -.1974338  | .1680908  | -1.17  | 0.240 | -.5268857            | .1320182  |
| suni        | .1789609   | .1498065  | 1.19   | 0.232 | -.1146545            | .4725762  |
| con_inter   | -.8088569  | .5938939  | -1.36  | 0.173 | -1.972868            | .3551538  |
| prot_strat  | -1.462302  | .5071802  | -2.88  | 0.004 | -2.456357            | -.4682474 |
| prot_form   | -2.152204  | .7170913  | -3.00  | 0.003 | -3.557677            | -.7467311 |
| dde_pull    | -5.23379   | 1.101287  | -4.75  | 0.000 | -7.392272            | -3.075308 |
| fin_pub     | .3064282   | .3247563  | 0.94   | 0.345 | -.3300825            | .9429388  |
| hautech     | 3.873573   | 4.982656  | 0.78   | 0.437 | -5.892253            | 13.6394   |
| moyhotech   | -1.464014  | 2.262046  | -0.65  | 0.517 | -5.897543            | 2.969514  |
| moyfaibtech | -.0455282  | 1.958326  | -0.02  | 0.981 | -3.883776            | 3.79272   |
| faibtech    | -.2069138  | 2.083116  | -0.10  | 0.921 | -4.289745            | 3.875918  |
| _cons       | 20.67719   | 3.662034  | 5.65   | 0.000 | 13.49974             | 27.85464  |
| -----       |            |           |        |       |                      |           |
| rrdex       |            |           |        |       |                      |           |
| gp          | .4642806   | .067198   | 6.91   | 0.000 | .3325749             | .5959863  |
| con_inter   | .2035271   | .0764541  | 2.66   | 0.008 | .0536799             | .3533744  |
| prot_strat  | .3369908   | .0562945  | 5.99   | 0.000 | .2266556             | .447326   |
| prot_form   | .5381218   | .0601978  | 8.94   | 0.000 | .4201362             | .6561074  |
| dde_pull    | .9576518   | .0769149  | 12.45  | 0.000 | .8069014             | 1.108402  |
| hautech     | -.3139053  | .7219325  | -0.43  | 0.664 | -1.728867            | 1.101056  |
| moyhotech   | -.0123376  | .3340335  | -0.04  | 0.971 | -.6670312            | .6423561  |
| moyfaibtech | -.1581621  | .2966442  | -0.53  | 0.594 | -.739574             | .4232498  |
| faibtech    | .2883514   | .295613   | 0.98   | 0.329 | -.2910394            | .8677421  |
| taille      | .1823278   | .0236968  | 7.69   | 0.000 | .1358829             | .2287728  |
| _cons       | -3.388175  | .132894   | -25.50 | 0.000 | -3.648643            | -3.127708 |
| -----       |            |           |        |       |                      |           |
| mills       |            |           |        |       |                      |           |
| lambda      | -6.585302  | 1.257786  | -5.24  | 0.000 | -9.050517            | -4.120087 |
| -----       |            |           |        |       |                      |           |
| rho         | -1.00000   |           |        |       |                      |           |
| sigma       | 6.5853021  |           |        |       |                      |           |
| lambda      | -6.5853021 | 1.257786  |        |       |                      |           |
| -----       |            |           |        |       |                      |           |

```

. mfx
Marginal effects after heckman
y = Linear prediction (predict)
= 15.82054

```

| variable | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [ 95% C.I. ] |          | X       |
|----------|-----------|-----------|-------|-------|--------------|----------|---------|
| gp*      | -2.282377 | .76212    | -2.99 | 0.003 | -3.77611     | -.788644 | .372814 |
| co*      | .2924306  | .30003    | 0.97  | 0.330 | -.295615     | .880476  | .245629 |

```

      sentg | .2420248      .18909      1.28      0.201      -.128591      .612641      1.31765
      ssup  | -.0787459     .14452     -0.54      0.586     -.362004     .204512     .832015
      scli  | .0860952     .15174      0.57      0.570     -.211309     .383499     .91174
      scom  | -.1974338     .16809     -1.17      0.240     -.526885     .132018     .630933
      suni  | .1789609     .14981      1.19      0.232     -.114654     .472576     .350749
con_in~r* | -.8088569     .59389     -1.36      0.173     -1.97287     .355154     .691091
prot_s~t* | -1.462302     .50718     -2.88      0.004     -2.45636     -.468247     .313489
prot_f~m* | -2.152204     .71709     -3.00      0.003     -3.55768     -.746731     .430058
dde_pull* | -5.23379      1.10129     -4.75      0.000     -7.39227     -3.07531     .46378
  fin_pub* | .3064282      .32476      0.94      0.345     -.330083     .942939     .08826
  hautech* | 3.873573      4.98266      0.78      0.437     -5.89225     13.6394     .001873
moyhot~h* | -1.464014      2.26205     -0.65      0.517     -5.89754     2.96951     .006453
moyfai~h* | -.0455282      1.95833     -0.02      0.981     -3.88378     3.79272     .006869
faibtech* | -.2069138      2.08312     -0.10      0.921     -4.28975     3.87592     .009159
  taille  | 0              0              .              .              0              0      4.76715

```

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

```

. predict pr_lnrdex
(option xb assumed; fitted values)

```

```

. heckman lrmacx gp co sentg ssup scli scom suni con_inter prot_strat
prot_form dde_pull fin_pub hautech moyhottech moyfaibtech faibtech, twostep
select (rmac = gp con_inter prot_strat prot_form dde_pull hautech moyhottech
moyfaibtech faibtech taille) rhosigma

```

```

Heckman selection model -- two-step estimates      Number of obs      =      5173
(regression model with sample selection)          Censored obs       =      2953
                                                  Uncensored obs     =      2220

                                                  Wald chi2(16)      =      78.99
                                                  Prob > chi2        =      0.0000

```

```

-----+-----
          |          Coef.   Std. Err.      z    P>|z|      [95% Conf. Interval]
-----+-----
lrmacx  |
      gp  | -1.064233      .4453534     -2.39  0.017     -1.93711     -.1913562
      co  | .0902973      .1323319      0.68  0.495     -.1690686     .3496631
      sentg | .0316987      .0768733      0.41  0.680     -.1189702     .1823676
      ssup | .3263562      .06314       5.17  0.000     .2026042     .4501083
      scli | -.1576855     .0666207     -2.37  0.018     -.2882597     -.0271112
      scom | .0498947      .074106      0.67  0.501     -.0953505     .1951399
      suni | -.3124921     .0810165     -3.86  0.000     -.4712816     -.1537026
con_inter | .0758075     .1981661      0.38  0.702     -.312591     .4642059
prot_strat | -.3599663     .2178758     -1.65  0.099     -.786995     .0670625
prot_form | -.1764052     .1764054     -1.00  0.317     -.5221535     .1693431
dde_pull | -3.865506     1.093733     -3.53  0.000     -6.009184     -1.721829
  fin_pub | .6981663     .1622798      4.30  0.000     .3801037     1.016229
  hautech | 2.312151     1.844075      1.25  0.210     -1.30217     5.926473
moyhottech | .3424849     .8790711      0.39  0.697     -1.380463     2.065432
moyfaibtech | 1.350872     .9197721      1.47  0.142     -.4518485     3.153592
  faibtech | .227126      .9704196      0.23  0.815     -1.674861     2.129113
  _cons   | 8.647719     1.958251      4.42  0.000     4.809618     12.48582
-----+-----

```

```

-----
rmac
  gp | .6801467 .0546993 12.43 0.000 .5729381 .7873553
  con_inter | .0199018 .0553101 0.36 0.719 -.088504 .1283076
  prot_strat | .2936447 .0505502 5.81 0.000 .194568 .3927214
  prot_form | .0841123 .0503183 1.67 0.095 -.0145097 .1827344
  dde_pull | 1.572939 .0540569 29.10 0.000 1.466989 1.678889
  hautech | -.1676991 .5000127 -0.34 0.737 -1.147706 .8123077
  moyhottech | -.0209385 .2641468 -0.08 0.937 -.5386566 .4967797
  moyfaibtech | -.4762419 .2509148 -1.90 0.058 -.9680259 .0155422
  faibtech | -.1964459 .2581424 -0.76 0.447 -.7023957 .3095039
  taille | .0521373 .0210553 2.48 0.013 .0108696 .0934049
  _cons | -1.775706 .0976783 -18.18 0.000 -1.967152 -1.58426
-----
mills
  lambda | -3.856758 1.048536 -3.68 0.000 -5.911851 -1.801664
-----
  rho | -0.99472
  sigma | 3.8772401
  lambda | -3.8567576 1.048536
-----

```

. mfx

Marginal effects after heckman

y = Linear prediction (predict)  
= 6.3632711

```

-----
variable |      dy/dx   Std. Err.    z    P>|z|    [      95% C.I.      ]    X
-----+-----
  gp* | -1.064233   .44535   -2.39   0.017   -1.93711  -.191356   .403054
  co* | .0902973   .13233    0.68   0.495   -.169069  .349663   .272182
  sentg | .0316987   .07687    0.41   0.680   -.11897   .182368   1.4046
  ssup | .3263562   .06314    5.17   0.000   .202604  .450108   .892132
  scl_i | -.1576855   .06662   -2.37   0.018   -.28826   -.027111   .975643
  scom | .0498947   .07411    0.67   0.501   -.09535   .19514   .680843
  suni | -.3124921   .08102   -3.86   0.000   -.471282  -.153703   .381017
  con_in~r* | .0758075   .19817    0.38   0.702   -.312591  .464206   .70288
  prot_s~t* | -.3599663   .21788   -1.65   0.099   -.786995  .067062   .332496
  prot_f~m* | -.1764052   .17641   -1.00   0.317   -.522154  .169343   .448869
  dde_pull* | -3.865506   1.09373   -3.53   0.000   -6.00918  -1.72183   .495457
  fin_pub* | .6981663   .16228    4.30   0.000   .380104  1.01623   .094336
  hautech* | 2.312151   1.84408    1.25   0.210   -1.30217  5.92647   .001933
  moyhot~h* | .3424849   .87907    0.39   0.697   -1.38046  2.06543   .006573
  moyfai~h* | 1.350872   .91977    1.47   0.142   -.451848  3.15359   .006959
  faibtech* | .227126   .97042    0.23   0.815   -1.67486  2.12911   .008699
  taille | 0           0           .           .           0           0   4.81455
-----

```

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

```

. predict pr_lrmacx
(option xb assumed; fitted values)

```



## B.2 Estimation des équations des outputs d'innovation

```
. mvprobit (innpdt= pr_lnrđi pr_lnrđex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp
co agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE) (innpcđ=
pr_lnrđi pr_lnrđex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co agri_alim
consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE) (innorg= pr_lnrđi
pr_lnrđex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co agri_alim consommation
AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE) (innmkg= pr_lnrđi pr_lnrđex pr_lrmacx
prot_strat prot_form taille gp co agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT
INTERMEDIAIRES ENERGIE), robust
```

```
Iteration 0: log pseudolikelihood = -9260.0105
Iteration 1: log pseudolikelihood = -9089.4019
Iteration 2: log pseudolikelihood = -9071.633
Iteration 3: log pseudolikelihood = -9071.578
Iteration 4: log pseudolikelihood = -9071.5779
```

```
Multivariate probit (SML, # draws = 5)          Number of obs   =      5173
                                                Wald chi2(56)   =     5803.49
Log pseudolikelihood = -9071.5779              Prob > chi2     =      0.0000
```

|              | Coef.     | Robust Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|--------|-------|----------------------|-----------|
| -----        |           |                  |        |       |                      |           |
| innpdt       |           |                  |        |       |                      |           |
| pr_lnrđi     | .4258558  | .0441359         | 9.65   | 0.000 | .3393511             | .5123604  |
| pr_lnrđex    | -.0243904 | .041088          | -0.59  | 0.553 | -.1049214            | .0561406  |
| pr_lrmacx    | -.233371  | .0506576         | -4.61  | 0.000 | -.3326581            | -.1340839 |
| prot_strat   | -.124179  | .073474          | -1.69  | 0.091 | -.2681853            | .0198273  |
| prot_form    | -.1383885 | .0924077         | -1.50  | 0.134 | -.3195043            | .0427273  |
| taille       | -.0397695 | .0262738         | -1.51  | 0.130 | -.0912652            | .0117262  |
| gp           | -.4710729 | .0899724         | -5.24  | 0.000 | -.6474156            | -.2947303 |
| co           | .115948   | .0753098         | 1.54   | 0.124 | -.0316566            | .2635526  |
| agri_alim    | -.1604436 | .3462514         | -0.46  | 0.643 | -.8390839            | .5181966  |
| consommation | -.0061747 | .3439112         | -0.02  | 0.986 | -.6802283            | .6678788  |
| AUTOMOBILE   | .0522823  | .3558482         | 0.15   | 0.883 | -.6451675            | .749732   |
| EQUIPEMENT   | .1418039  | .3447255         | 0.41   | 0.681 | -.5338458            | .8174535  |
| INTERMEDIA-S | -.046799  | .3417315         | -0.14  | 0.891 | -.7165805            | .6229825  |
| ENERGIE      | -.3512463 | .3896458         | -0.90  | 0.367 | -1.114938            | .4124455  |
| _cons        | .710258   | .6258859         | 1.13   | 0.256 | -.5164558            | 1.936972  |
| -----        |           |                  |        |       |                      |           |
| innpcđ       |           |                  |        |       |                      |           |
| pr_lnrđi     | .4756824  | .0381942         | 12.45  | 0.000 | .4008231             | .5505418  |
| pr_lnrđex    | -.2071489 | .0353627         | -5.86  | 0.000 | -.2764586            | -.1378393 |
| pr_lrmacx    | .2431502  | .0433784         | 5.61   | 0.000 | .1581301             | .3281704  |
| prot_strat   | -.4121665 | .0644935         | -6.39  | 0.000 | -.5385715            | -.2857616 |
| prot_form    | -1.028704 | .085346          | -12.05 | 0.000 | -1.195979            | -.861429  |
| taille       | -.0277765 | .020666          | -1.34  | 0.179 | -.0682811            | .0127281  |
| gp           | -.3342197 | .0803268         | -4.16  | 0.000 | -.4916573            | -.1767821 |
| co           | .0528612  | .0670505         | 0.79   | 0.430 | -.0785554            | .1842778  |
| agri_alim    | -.2457318 | .2811096         | -0.87  | 0.382 | -.7966965            | .3052329  |
| consommation | -.1894375 | .2792028         | -0.68  | 0.497 | -.736665             | .35779    |
| AUTOMOBILE   | -.3248773 | .2894604         | -1.12  | 0.262 | -.8922093            | .2424546  |
| EQUIPEMENT   | -.4828032 | .2810209         | -1.72  | 0.086 | -1.033594            | .0679876  |
| INTERMEDIA-S | -.2319737 | .2777038         | -0.84  | 0.404 | -.7762631            | .3123157  |
| ENERGIE      | .2675749  | .301502          | 0.89   | 0.375 | -.3233582            | .858508   |
| _cons        | 1.023157  | .5369029         | 1.91   | 0.057 | -.0291531            | 2.075467  |
| -----        |           |                  |        |       |                      |           |
| innorg       |           |                  |        |       |                      |           |
| pr_lnrđi     | .219643   | .0338585         | 6.49   | 0.000 | .1532815             | .2860044  |
| pr_lnrđex    | -.0492492 | .0309787         | -1.59  | 0.112 | -.1099663            | .011468   |
| pr_lrmacx    | .0823447  | .0373593         | 2.20   | 0.028 | .0091219             | .1555675  |
| prot_strat   | .0086534  | .057595          | 0.15   | 0.881 | -.1042308            | .1215376  |

|              |           |          |       |       |           |           |
|--------------|-----------|----------|-------|-------|-----------|-----------|
| prot_form    | -.1413641 | .0714662 | -1.98 | 0.048 | -.2814353 | -.0012928 |
| taille       | .0515828  | .0182813 | 2.82  | 0.005 | .0157521  | .0874134  |
| gp           | -.2124517 | .0730181 | -2.91 | 0.004 | -.3555646 | -.0693389 |
| co           | .1056377  | .0623194 | 1.70  | 0.090 | -.016506  | .2277813  |
| agri_alim    | .1594833  | .2222593 | 0.72  | 0.473 | -.2761369 | .5951035  |
| consommation | .249824   | .2205357 | 1.13  | 0.257 | -.1824181 | .682066   |
| AUTOMOBILE   | .0903177  | .2308342 | 0.39  | 0.696 | -.362109  | .5427444  |
| EQUIPEMENT   | .2364605  | .2214823 | 1.07  | 0.286 | -.1976369 | .6705579  |
| INTERMEDIA-S | .1861796  | .2190548 | 0.85  | 0.395 | -.2431599 | .615519   |
| ENERGIE      | .413512   | .24098   | 1.72  | 0.086 | -.0588002 | .8858242  |
| _cons        | -.5351061 | .470814  | -1.14 | 0.256 | -1.457885 | .3876724  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| innmkg       |           |          |       |       |           |           |
| pr_lnrldi    | .1186311  | .0332757 | 3.57  | 0.000 | .0534119  | .1838504  |
| pr_lnrdex    | -.1126899 | .0298096 | -3.78 | 0.000 | -.1711157 | -.0542641 |
| pr_lrmacx    | .0889595  | .0370929 | 2.40  | 0.016 | .0162587  | .1616602  |
| prot_strat   | -.1339573 | .0579118 | -2.31 | 0.021 | -.2474623 | -.0204523 |
| prot_form    | .3126933  | .0710608 | 4.40  | 0.000 | .1734167  | .4519699  |
| taille       | .0144904  | .0183    | 0.79  | 0.428 | -.021377  | .0503578  |
| gp           | -.3446295 | .0733745 | -4.70 | 0.000 | -.4884409 | -.2008181 |
| co           | .0425342  | .0598507 | 0.71  | 0.477 | -.074771  | .1598394  |
| agri_alim    | .1325322  | .2251867 | 0.59  | 0.556 | -.3088256 | .5738899  |
| consommation | -.0008421 | .2236895 | -0.00 | 0.997 | -.4392655 | .4375813  |
| AUTOMOBILE   | -.6854462 | .2402138 | -2.85 | 0.004 | -1.156256 | -.2146359 |
| EQUIPEMENT   | -.320235  | .2256863 | -1.42 | 0.156 | -.7625721 | .1221021  |
| INTERMEDIA-S | -.3647267 | .2228992 | -1.64 | 0.102 | -.8016012 | .0721478  |
| ENERGIE      | -.3695518 | .2504134 | -1.48 | 0.140 | -.860353  | .1212493  |
| _cons        | .5530293  | .4533445 | 1.22  | 0.223 | -.3355096 | 1.441568  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho21     | .0107028  | .0302925 | 0.35  | 0.724 | -.0486695 | .0700752  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho31     | .0333782  | .0294495 | 1.13  | 0.257 | -.0243416 | .0910981  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho41     | .150906   | .0293309 | 5.14  | 0.000 | .0934185  | .2083935  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho32     | .3529513  | .027683  | 12.75 | 0.000 | .2986935  | .4072091  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho42     | .0916672  | .0264764 | 3.46  | 0.001 | .0397745  | .14356    |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| /atrho43     | .3167303  | .0252596 | 12.54 | 0.000 | .2672224  | .3662382  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho21        | .0107024  | .0302891 | 0.35  | 0.724 | -.0486311 | .0699607  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho31        | .0333658  | .0294167 | 1.13  | 0.257 | -.0243368 | .0908469  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho41        | .1497708  | .028673  | 5.22  | 0.000 | .0931477  | .2054283  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho32        | .3389903  | .0245019 | 13.84 | 0.000 | .2901166  | .3861004  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho42        | .0914113  | .0262551 | 3.48  | 0.000 | .0397535  | .1425818  |
| -----        |           |          |       |       |           |           |
| rho43        | .3065475  | .0228859 | 13.39 | 0.000 | .2610384  | .3506969  |

Likelihood ratio test of rho21 = rho31 = rho41 = rho32 = rho42 = rho43 = 0:  
chi2(6) = 376.865 Prob > chi2 = 0.0000

```
. mvppred xbm, pmarg
(pmarg will be stored in variables xbm1, i = 1,...,#eqs)
. rename xbm1 prbinpdt
. rename xbm2 prbinpcd
. rename xbm3 prbinorg
. rename xbm4 prbinmkg
```

## B.3 Estimation de chaque combinaison possible d'innovation

```
. probit st_0000 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -3035.226
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1901.0489
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1794.2789
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1786.4488
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1786.381
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1786.381
Probit regression
```

```
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 750.89
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.4115
```

```
Log pseudolikelihood = -1786.381
```

| st_0000        | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi      | -.2876928 | .0535655         | -5.37 | 0.000 | -.3926793            | -.1827064 |
| pr_lnrldex     | .1478787  | .0547838         | 2.70  | 0.007 | .0405044             | .255253   |
| pr_lrmacx      | .0016494  | .0603043         | 0.03  | 0.978 | -.1165449            | .1198438  |
| prot_strat     | .1834167  | .0933312         | 1.97  | 0.049 | .0004909             | .3663425  |
| prot_form      | .2452241  | .1045877         | 2.34  | 0.019 | .0402359             | .4502122  |
| taille         | -.0369318 | .0240907         | -1.53 | 0.125 | -.0841487            | .0102851  |
| gp             | -.0587846 | .1119323         | -0.53 | 0.599 | -.2781679            | .1605986  |
| co             | -.3572388 | .1508472         | -2.37 | 0.018 | -.6528939            | -.0615838 |
| agri_alim      | -.5576504 | .2256646         | -2.47 | 0.013 | -.999945             | -.1153559 |
| consommation   | -.5904952 | .222833          | -2.65 | 0.008 | -1.02724             | -.1537506 |
| AUTOMOBILE     | -.3775035 | .2390172         | -1.58 | 0.114 | -.8459685            | .0909615  |
| EQUIPEMENT     | -.4811123 | .2263864         | -2.13 | 0.034 | -.9248215            | -.0374032 |
| INTERMEDIAIRES | -.4410934 | .2212289         | -1.99 | 0.046 | -.874694             | -.0074928 |
| ENERGIE        | -.6411129 | .2516311         | -2.55 | 0.011 | -1.134301            | -.1479251 |
| _cons          | -2.169357 | .7602972         | -2.85 | 0.004 | -3.659512            | -.6792019 |

```
. predict prb0000
(option pr assumed; Pr(st_0000))
(6 missing values generated)
```

```
. probit st_1000 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -881.6999
Iteration 1: log pseudolikelihood = -778.17356
Iteration 2: log pseudolikelihood = -768.31116
Iteration 3: log pseudolikelihood = -768.07991
Iteration 4: log pseudolikelihood = -768.04502
Iteration 5: log pseudolikelihood = -768.03858
Iteration 6: log pseudolikelihood = -768.03734
Iteration 7: log pseudolikelihood = -768.03709
Iteration 8: log pseudolikelihood = -768.03703
Iteration 9: log pseudolikelihood = -768.03702
Probit regression
```

```
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 2319.93
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1289
```

```
Log pseudolikelihood = -768.03702
```

| st_1000    | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi  | .0990349  | .0607958         | 1.63  | 0.103 | -.0201227            | .2181925  |
| pr_lnrldex | -.0294745 | .0560282         | -0.53 | 0.599 | -.1392878            | .0803388  |
| pr_lrmacx  | -.1972113 | .0704097         | -2.80 | 0.005 | -.3352117            | -.0592109 |
| prot_strat | -.4219011 | .0971151         | -4.34 | 0.000 | -.6122432            | -.231559  |
| prot_form  | -.2351003 | .1282212         | -1.83 | 0.067 | -.4864091            | .0162086  |

```

      taille | -.1042912   .0318888   -3.27   0.001   -.1667921   -.0417904
          gp | -.3302416   .1339117   -2.47   0.014   -.5927036   -.0677795
          co | -.1690072   .1035122   -1.63   0.103   -.3718874   .0338873
    agri_alim | 3.542097   .1453154   24.38   0.000   3.257284   3.82691
consommation | 3.816084   .1194804   31.94   0.000   3.581907   4.050261
AUTOMOBILE | 4.057076   .1547791   26.21   0.000   3.753715   4.360438
EQUIPEMENT | 4.045402   .1174977   34.43   0.000   3.815111   4.275693
INTERMEDIA~S | 3.942301   .1058534   37.24   0.000   3.734832   4.14977
      ENERGIE | 4.32492   .2043748   21.16   0.000   3.924352   4.725487
      _cons | -3.519111   .7996422   -4.40   0.000   -5.086381   -1.951842

```

-----  
Note: 20 failures and 0 successes completely determined.

```

. predict prb1000
(option pr assumed; Pr(st_1000))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0100 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust

```

```

Iteration 0: log pseudolikelihood = -540.04213
Iteration 1: log pseudolikelihood = -489.71593
Iteration 2: log pseudolikelihood = -485.87339
Iteration 3: log pseudolikelihood = -485.80207
Iteration 4: log pseudolikelihood = -485.79074
Iteration 5: log pseudolikelihood = -485.78869
Iteration 6: log pseudolikelihood = -485.78841
Iteration 7: log pseudolikelihood = -485.78835
Iteration 8: log pseudolikelihood = -485.78834

```

```

Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 1099.64
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1005
Log pseudolikelihood = -485.78834

```

```

-----
      st_0100 |          Coef.   Robust Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
    pr_lnrldi |   .1806594   .0776296     2.33   0.020   .0285082   .3328106
    pr_lnrldex |  -.1026509   .0660275    -1.55   0.120  -.2320625   .0267607
    pr_lrmacx |   .2119142   .0847178     2.50   0.012   .0458704   .377958
    prot_strat |  -.6519395   .1406853    -4.63   0.000  -.9276776  -.3762014
    prot_form |   -.90533    .1532131    -5.91   0.000  -1.205622  -.6050378
      taille |  -.0761554   .0393835    -1.93   0.053  -.1533457   .0010349
          gp |   .2645592   .1902114     1.39   0.164  -.1082483   .6373667
          co |  -.2051979   .1358209    -1.51   0.131  -.471402   .0610062
    agri_alim |  3.434272   .1457219    23.57   0.000   3.148662   3.719881
consommation |  3.217839   .1609862    19.99   0.000   2.902312   3.533366
AUTOMOBILE |  3.361611   .2023519    16.61   0.000   2.965008   3.758213
EQUIPEMENT |  3.206778   .1614285    19.87   0.000   2.890384   3.523172
INTERMEDIA~S |  3.528719   .1249905    28.23   0.000   3.283742   3.773695
      ENERGIE |  3.709126   .2135783    17.37   0.000   3.29052   4.127731
      _cons | -4.904523   .8958744    -5.47   0.000  -6.660405  -3.148642

```

-----  
Note: 3 failures and 0 successes completely determined.

```

. predict prb0100
(option pr assumed; Pr(st_0100))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0010 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust

```

```

Iteration 0: log pseudolikelihood = -1752.3759
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1432.0005
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1392.4698
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1390.9994
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1390.993
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1390.993
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 390.09
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.2062
Log pseudolikelihood = -1390.993

```

| st_0010      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | -.0579539 | .0564595         | -1.03 | 0.305 | -.1686124            | .0527047  |
| pr_lnrdex    | .0371484  | .0589061         | 0.63  | 0.528 | -.0783055            | .1526024  |
| pr_lrmacx    | .2483165  | .0634512         | 3.91  | 0.000 | .1239545             | .3726785  |
| prot_strat   | .2844615  | .1015025         | 2.80  | 0.005 | .0855203             | .4834027  |
| prot_form    | .0511061  | .122125          | 0.42  | 0.676 | -.1882546            | .2904667  |
| taille       | .0974708  | .0252749         | 3.86  | 0.000 | .0479329             | .1470087  |
| gp           | -.1792729 | .1238339         | -1.45 | 0.148 | -.4219828            | .063437   |
| co           | -.3463935 | .1490847         | -2.32 | 0.020 | -.6385942            | -.0541929 |
| agri_alim    | .6467861  | .4679249         | 1.38  | 0.167 | -.2703298            | 1.563902  |
| consommation | .7475538  | .4652844         | 1.61  | 0.108 | -.1643869            | 1.659494  |
| AUTOMOBILE   | .8291365  | .4754019         | 1.74  | 0.081 | -.1026341            | 1.760907  |
| EQUIPEMENT   | .8779871  | .4660978         | 1.88  | 0.060 | -.0355478            | 1.791522  |
| INTERMEDIA-S | .8543536  | .4638578         | 1.84  | 0.065 | -.0547909            | 1.763498  |
| ENERGIE      | .9131866  | .4800138         | 1.90  | 0.057 | -.0276231            | 1.853996  |
| _cons        | -4.936266 | .952742          | -5.18 | 0.000 | -6.803606            | -3.068926 |

```

. predict prb0010
(option pr assumed; Pr(st_0010))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0001 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -791.25935
Iteration 1: log pseudolikelihood = -665.28767
Iteration 2: log pseudolikelihood = -643.27141
Iteration 3: log pseudolikelihood = -641.92437
Iteration 4: log pseudolikelihood = -641.89643
Iteration 5: log pseudolikelihood = -641.89146
Iteration 6: log pseudolikelihood = -641.89049
Iteration 7: log pseudolikelihood = -641.89029
Iteration 8: log pseudolikelihood = -641.89025
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 1127.28
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1888
Log pseudolikelihood = -641.89025

```

| st_0001    | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi  | -.2912568 | .0757085         | -3.85 | 0.000 | -.4396428            | -.1428708 |
| pr_lnrdex  | -.1455154 | .0720714         | -2.02 | 0.043 | -.2867727            | -.0042582 |
| pr_lrmacx  | .2645018  | .0787819         | 3.36  | 0.001 | .1100922             | .4189114  |
| prot_strat | .0377374  | .1439911         | 0.26  | 0.793 | -.2444801            | .3199548  |
| prot_form  | .6355713  | .1487085         | 4.27  | 0.000 | .3441081             | .9270346  |
| taille     | -.0221632 | .0365626         | -0.61 | 0.544 | -.0938246            | .0494982  |
| gp         | -.3136843 | .1961209         | -1.60 | 0.110 | -.6980741            | .0707055  |
| co         | .1212774  | .2187495         | 0.55  | 0.579 | -.3074638            | .5500186  |

```

    agri_alim | 3.810707 .1501867 25.37 0.000 3.516347 4.105068
consommation | 3.67479 .1437993 25.55 0.000 3.392949 3.956632
  AUTOMOBILE | 3.529887 .2176843 16.22 0.000 3.103234 3.956541
  EQUIPEMENT | 3.440083 .1696822 20.27 0.000 3.107512 3.772654
INTERMEDIA-S | 3.483201 .1482014 23.50 0.000 3.192731 3.77367
  ENERGIE | 3.350462 .2629777 12.74 0.000 2.835035 3.865889
    _cons | -4.581376 1.058696 -4.33 0.000 -6.656381 -2.506371
-----

```

Note: 8 failures and 0 successes completely determined.

```

. predict prb0001
(option pr assumed; Pr(st_0001))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1100 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -699.8347
Iteration 1: log pseudolikelihood = -626.01915
Iteration 2: log pseudolikelihood = -617.42916
Iteration 3: log pseudolikelihood = -617.30518
Iteration 4: log pseudolikelihood = -617.30515
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 149.45
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1179
Log pseudolikelihood = -617.30515
-----

```

| st_1100      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .095417   | .0635307         | 1.50  | 0.133 | -.029101             | .219935   |
| pr_lnrdex    | -.0657263 | .0555336         | -1.18 | 0.237 | -.1745702            | .0431175  |
| pr_lrmacx    | -.06475   | .0737469         | -0.88 | 0.380 | -.2092912            | .0797912  |
| prot_strat   | -.1222077 | .1096764         | -1.11 | 0.265 | -.3371695            | .0927542  |
| prot_form    | -.4491638 | .1342038         | -3.35 | 0.001 | -.7121985            | -.1861291 |
| taille       | -.0390449 | .0369496         | -1.06 | 0.291 | -.1114648            | .0333749  |
| gp           | -.063636  | .1643571         | -0.39 | 0.699 | -.38577              | .2584981  |
| co           | .0542777  | .1008153         | 0.54  | 0.590 | -.1433166            | .251872   |
| agri_alim    | -.4527381 | .5014705         | -0.90 | 0.367 | -1.435602            | .530126   |
| consommation | -.3869278 | .4990357         | -0.78 | 0.438 | -1.36502             | .5911643  |
| AUTOMOBILE   | .0090491  | .505832          | 0.02  | 0.986 | -.9823635            | 1.000462  |
| EQUIPEMENT   | -.303417  | .4982501         | -0.61 | 0.543 | -1.279969            | .6731353  |
| INTERMEDIA-S | -.2640097 | .4939535         | -0.53 | 0.593 | -1.232141            | .7041215  |
| ENERGIE      | -.8410807 | .6221838         | -1.35 | 0.176 | -2.060539            | .3783771  |
| _cons        | -.2109927 | .903075          | -0.23 | 0.815 | -1.980987            | 1.559002  |

```

. predict prb1100
(option pr assumed; Pr(st_0001))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0101 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust

```

```

note: AUTOMOBILE != 0 predicts failure perfectly
AUTOMOBILE dropped and 297 obs not used
note: ENERGIE != 0 predicts failure perfectly
ENERGIE dropped and 170 obs not used

```

```

Iteration 0: log pseudolikelihood = -145.32899
Iteration 1: log pseudolikelihood = -131.7226
Iteration 2: log pseudolikelihood = -129.39586
Iteration 3: log pseudolikelihood = -129.38126
Iteration 4: log pseudolikelihood = -129.38126

```

```

Probit regression                               Number of obs   =    4706
                                                Wald chi2(12)  =    56.12
                                                Prob > chi2    =    0.0000
Log pseudolikelihood = -129.38126              Pseudo R2      =    0.1097

```

| st_0101      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .0018152  | .1159913         | 0.02  | 0.988 | -.2255236            | .229154   |
| pr_lnrdex    | -.2960946 | .0976913         | -3.03 | 0.002 | -.4875661            | -.1046231 |
| pr_lrmacx    | .3134845  | .1567417         | 2.00  | 0.045 | .0062764             | .6206926  |
| prot_strat   | -.5761807 | .2029174         | -2.84 | 0.005 | -.9738915            | -.1784699 |
| prot_form    | -.3752931 | .2626453         | -1.43 | 0.153 | -.8900683            | .1394822  |
| taille       | -.0486316 | .0643928         | -0.76 | 0.450 | -.1748391            | .0775759  |
| gp           | -.0261622 | .3213372         | -0.08 | 0.935 | -.6559716            | .6036471  |
| co           | -.0472213 | .2092009         | -0.23 | 0.821 | -.4572475            | .362805   |
| agri_alim    | -.5735774 | .4529381         | -1.27 | 0.205 | -1.46132             | .3141649  |
| consommation | -.3660259 | .4422483         | -0.83 | 0.408 | -1.232817            | .5007648  |
| AUTOMOBILE   | (omitted) |                  |       |       |                      |           |
| EQUIPEMENT   | -.8955531 | .4904693         | -1.83 | 0.068 | -1.856855            | .0657489  |
| INTERMEDIA-S | -.8448901 | .4517824         | -1.87 | 0.061 | -1.730367            | .0405871  |
| ENERGIE      | (omitted) |                  |       |       |                      |           |
| _cons        | 1.111341  | 1.466362         | 0.76  | 0.449 | -1.762676            | 3.985357  |

```

. predict prb0101
(option pr assumed; Pr(st_0001))
(473 missing values generated)

```

```

. probit st_1010 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -744.41013
Iteration 1: log pseudolikelihood = -651.6536
Iteration 2: log pseudolikelihood = -639.87865
Iteration 3: log pseudolikelihood = -639.6974
Iteration 4: log pseudolikelihood = -639.69733
Iteration 5: log pseudolikelihood = -639.69733
Probit regression                               Number of obs   =    5173
                                                Wald chi2(14)  =   177.11
                                                Prob > chi2    =    0.0000
Log pseudolikelihood = -639.69733              Pseudo R2      =    0.1407

```

| st_1010      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | -.0213599 | .0626807         | -0.34 | 0.733 | -.1442117            | .1014919  |
| pr_lnrdex    | -.0195905 | .057468          | -0.34 | 0.733 | -.1322258            | .0930448  |
| pr_lrmacx    | -.2404743 | .073202          | -3.29 | 0.001 | -.3839476            | -.097001  |
| prot_strat   | -.066997  | .1107345         | -0.61 | 0.545 | -.2840327            | .1500386  |
| prot_form    | -.1218983 | .1371826         | -0.89 | 0.374 | -.3907713            | .1469747  |
| taille       | -.0941755 | .0355172         | -2.65 | 0.008 | -.1637878            | -.0245631 |
| gp           | .115431   | .1545627         | 0.75  | 0.455 | -.1875062            | .4183683  |
| co           | .1287387  | .1036632         | 1.24  | 0.214 | -.0744373            | .3319148  |
| agri_alim    | -.6386046 | .3837057         | -1.66 | 0.096 | -1.390654            | .1134447  |
| consommation | -.5043103 | .3746167         | -1.35 | 0.178 | -1.238545            | .2299249  |
| AUTOMOBILE   | -.4718383 | .3939885         | -1.20 | 0.231 | -1.244041            | .300365   |
| EQUIPEMENT   | -.1901298 | .3696796         | -0.51 | 0.607 | -.9146885            | .5344288  |
| INTERMEDIA-S | -.4291739 | .3687038         | -1.16 | 0.244 | -1.15182             | .2934722  |
| ENERGIE      | -1.00299  | .5425377         | -1.85 | 0.065 | -2.066344            | .0603648  |
| _cons        | .6322597  | .9365831         | 0.68  | 0.500 | -1.203409            | 2.467929  |

```

. predict prb1010
(option pr assumed; Pr(st_1010))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0110 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -1074.5275
Iteration 1: log pseudolikelihood = -971.62024
Iteration 2: log pseudolikelihood = -967.32785
Iteration 3: log pseudolikelihood = -967.31671
Iteration 4: log pseudolikelihood = -967.31671
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 250.66
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.0998
Log pseudolikelihood = -967.31671

```

| st_0110      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .2493699  | .0536104         | 4.65  | 0.000 | .1442955             | .3544442  |
| pr_lnrldex   | -.0949537 | .0498682         | -1.90 | 0.057 | -.1926936            | .0027863  |
| pr_lrmacx    | .234757   | .063238          | 3.71  | 0.000 | .1108128             | .3587012  |
| prot_strat   | -.4253404 | .0987886         | -4.31 | 0.000 | -.6189625            | -.2317182 |
| prot_form    | -.9523525 | .1209514         | -7.87 | 0.000 | -1.189413            | -.7152921 |
| taille       | -.1467477 | .030921          | -4.75 | 0.000 | -.2073517            | -.0861436 |
| gp           | .2641382  | .134607          | 1.96  | 0.050 | .0003134             | .5279629  |
| co           | -.1587964 | .101954          | -1.56 | 0.119 | -.3586225            | .0410298  |
| agri_alim    | .2201335  | .4265725         | 0.52  | 0.606 | -.6159332            | 1.0562    |
| consommation | .41087    | .4214284         | 0.97  | 0.330 | -.4151145            | 1.236855  |
| AUTOMOBILE   | .191971   | .4377702         | 0.44  | 0.661 | -.6660429            | 1.049985  |
| EQUIPEMENT   | .1509749  | .4254514         | 0.35  | 0.723 | -.6828945            | .9848443  |
| INTERMEDIA-S | .3212726  | .4204483         | 0.76  | 0.445 | -.5027909            | 1.145336  |
| ENERGIE      | 1.012316  | .4358563         | 2.32  | 0.020 | .1580538             | 1.866579  |
| _cons        | -1.575536 | .824697          | -1.91 | 0.056 | -3.191912            | .0408406  |

```

. predict prb0110
(option pr assumed; Pr(st_0110))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_0011 pr_lnrldi pr_lnrldex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -983.33856
Iteration 1: log pseudolikelihood = -840.28596
Iteration 2: log pseudolikelihood = -823.62486
Iteration 3: log pseudolikelihood = -823.17862
Iteration 4: log pseudolikelihood = -823.17849
Iteration 5: log pseudolikelihood = -823.17849
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 172.43
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1629
Log pseudolikelihood = -823.17849

```

| st_0011      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .0063878  | .0712439         | 0.09  | 0.929 | -.1332478            | .1460233  |
| pr_lnrldex   | .0169064  | .0701621         | 0.24  | 0.810 | -.1206088            | .1544215  |
| pr_lrmacx    | .2755905  | .0797638         | 3.46  | 0.001 | .1192563             | .4319247  |
| prot_strat   | .1144721  | .1158813         | 0.99  | 0.323 | -.112651             | .3415952  |
| prot_form    | .6284068  | .1382518         | 4.55  | 0.000 | .3574383             | .8993754  |
| taille       | .0549197  | .0313786         | 1.75  | 0.080 | -.0065812            | .1164206  |
| gp           | -.0112783 | .1597534         | -0.07 | 0.944 | -.3243892            | .3018327  |
| co           | -.5025549 | .1843443         | -2.73 | 0.006 | -.8638632            | -.1412466 |
| agri_alim    | .4315731  | .4651064         | 0.93  | 0.353 | -.4800187            | 1.343165  |
| consommation | .2711826  | .4629773         | 0.59  | 0.558 | -.6362363            | 1.178601  |
| AUTOMOBILE   | .1004712  | .4861804         | 0.21  | 0.836 | -.8524249            | 1.053367  |
| EQUIPEMENT   | .2785355  | .4667953         | 0.60  | 0.551 | -.6363664            | 1.193437  |



```

INTERMEDIA~S | .1810673 .4626818 0.39 0.696 -.7257724 1.087907
ENERGIE | -.1645353 .5124177 -0.32 0.748 -1.168856 .8397849
_cons | -4.737687 1.035113 -4.58 0.000 -6.766471 -2.708904
-----

```

```

. predict prb0011
(option pr assumed; Pr(st_0011))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1001 pr_lnrndi pr_lnrndex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -465.88957
Iteration 1: log pseudolikelihood = -403.32903
Iteration 2: log pseudolikelihood = -392.57221
Iteration 3: log pseudolikelihood = -392.29442
Iteration 4: log pseudolikelihood = -392.29344
Iteration 5: log pseudolikelihood = -392.29344
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 193.38
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1580
Log pseudolikelihood = -392.29344
-----

```

| st_1001      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrndi    | .0140981  | .0722802         | 0.20  | 0.845 | -.1275684            | .1557646  |
| pr_lnrndex   | -.2100679 | .0641545         | -3.27 | 0.001 | -.3358085            | -.0843274 |
| pr_lrmacx    | -.0027605 | .0869948         | -0.03 | 0.975 | -.1732671            | .1677461  |
| prot_strat   | -.5042127 | .1193635         | -4.22 | 0.000 | -.7381607            | -.2702646 |
| prot_form    | -.1880561 | .1773388         | -1.06 | 0.289 | -.5356337            | .1595215  |
| taille       | -.1001452 | .0465771         | -2.15 | 0.032 | -.1914346            | -.0088557 |
| gp           | -.3000375 | .1851405         | -1.62 | 0.105 | -.6629062            | .0628313  |
| co           | .0083673  | .115216          | 0.07  | 0.942 | -.2174519            | .2341864  |
| agri_alim    | .0155568  | .5324263         | 0.03  | 0.977 | -1.02798             | 1.059093  |
| consommation | -.1193917 | .5328042         | -0.22 | 0.823 | -1.163669            | .9248854  |
| AUTOMOBILE   | -.3895372 | .5544207         | -0.70 | 0.482 | -1.476182            | .6971074  |
| EQUIPEMENT   | -.5334338 | .5367601         | -0.99 | 0.320 | -1.585464            | .5185966  |
| INTERMEDIA~S | -.6531345 | .5317246         | -1.23 | 0.219 | -1.695296            | .3890266  |
| ENERGIE      | -.3418646 | .679106          | -0.50 | 0.615 | -1.672888            | .9891588  |
| _cons        | 1.9986    | .9575228         | 2.09  | 0.037 | .1218902             | 3.875311  |

```

. predict prb1001
(option pr assumed; Pr(st_1001))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1011 pr_lnrndi pr_lnrndex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -836.9972
Iteration 1: log pseudolikelihood = -727.62544
Iteration 2: log pseudolikelihood = -713.80216
Iteration 3: log pseudolikelihood = -713.49175
Iteration 4: log pseudolikelihood = -713.4907
Iteration 5: log pseudolikelihood = -713.4907
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 185.87
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1476
Log pseudolikelihood = -713.4907
-----

```

| st_1011    | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |          |
|------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|----------|
| pr_lnrndi  | .0792059  | .0545025         | 1.45  | 0.146 | -.0276172            | .1860289 |
| pr_lnrndex | -.0201359 | .0507547         | -0.40 | 0.692 | -.1196132            | .0793414 |

```

pr_lrmacx | -.2147337 .0683814 -3.14 0.002 -.3487588 -.0807087
prot_strat | -.2155531 .1031646 -2.09 0.037 -.417752 -.0133543
prot_form | .2418997 .1361832 1.78 0.076 -.0250144 .5088138
taille | -.085336 .0331566 -2.57 0.010 -.1503218 -.0203503
gp | -.3521893 .1396757 -2.52 0.012 -.6259486 -.0784299
co | -.1230919 .0996183 -1.24 0.217 -.3183402 .0721565
agri_alim | .2706735 .4750632 0.57 0.569 -.6604333 1.20178
consommation | .2714406 .4732443 0.57 0.566 -.6561012 1.198982
AUTOMOBILE | -.0738817 .5011501 -0.15 0.883 -1.056118 .9083545
EQUIPEMENT | .2643746 .4751871 0.56 0.578 -.666975 1.195724
INTERMEDIA-S | .0475675 .4734499 0.10 0.920 -.8803773 .9755123
ENERGIE | -.096493 .5503506 -0.18 0.861 -1.17516 .9821743
_cons | -.2498181 .8639391 -0.29 0.772 -1.943108 1.443471
-----

```

```

. predict prb1011
(option pr assumed; Pr(st_1011))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1101 pr_lnrndi pr_lnrndex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
note: AUTOMOBILE != 0 predicts failure perfectly
AUTOMOBILE dropped and 297 obs not used
note: ENERGIE != 0 predicts failure perfectly
ENERGIE dropped and 170 obs not used
Iteration 0: log pseudolikelihood = -495.51656
Iteration 1: log pseudolikelihood = -447.11891
Iteration 2: log pseudolikelihood = -440.84572
Iteration 3: log pseudolikelihood = -440.73023
Iteration 4: log pseudolikelihood = -440.73021
Probit regression
Number of obs = 4706
Wald chi2(12) = 114.62
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.1106
Log pseudolikelihood = -440.73021
-----

```

| st_1101      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrndi    | .0436536  | .070554          | 0.62  | 0.536 | -.0946298            | .1819369  |
| pr_lnrndex   | -.1448538 | .0629008         | -2.30 | 0.021 | -.2681372            | -.0215705 |
| pr_lrmacx    | -.0320936 | .0797218         | -0.40 | 0.687 | -.1883454            | .1241582  |
| prot_strat   | -.1766435 | .125387          | -1.41 | 0.159 | -.4223975            | .0691105  |
| prot_form    | -.3571745 | .1701505         | -2.10 | 0.036 | -.6906633            | -.0236857 |
| taille       | -.0650323 | .0469726         | -1.38 | 0.166 | -.157097             | .0270323  |
| gp           | -.1694494 | .1888639         | -0.90 | 0.370 | -.5396158            | .200717   |
| co           | -.1840564 | .124715          | -1.48 | 0.140 | -.4284933            | .0603805  |
| agri_alim    | -.0471704 | .474167          | -0.10 | 0.921 | -.9765205            | .8821798  |
| consommation | -.1413017 | .4712815         | -0.30 | 0.764 | -1.064997            | .7823932  |
| AUTOMOBILE   | (omitted) |                  |       |       |                      |           |
| EQUIPEMENT   | -.3556853 | .4781651         | -0.74 | 0.457 | -1.292872            | .581501   |
| INTERMEDIA-S | -.2220216 | .4682438         | -0.47 | 0.635 | -1.139763            | .6957193  |
| ENERGIE      | (omitted) |                  |       |       |                      |           |
| _cons        | .9005986  | 1.044786         | 0.86  | 0.389 | -1.147144            | 2.948341  |

```

. predict prb1101
(option pr assumed; Pr(st_1101))
(473 missing values generated)

```

```

. probit st_0111 pr_lnrndi pr_lnrndex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -639.8416
Iteration 1: log pseudolikelihood = -582.36756
Iteration 2: log pseudolikelihood = -578.2472

```

```

Iteration 3: log pseudolikelihood = -578.23849
Iteration 4: log pseudolikelihood = -578.23849
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 151.15
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.0963
Log pseudolikelihood = -578.23849

```

| st_0111      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .199415   | .0702087         | 2.84  | 0.005 | .0618084             | .3370215  |
| pr_lnrdex    | -.2572361 | .0578468         | -4.45 | 0.000 | -.3706137            | -.1438584 |
| pr_lrmacx    | .3839978  | .0727644         | 5.28  | 0.000 | .2413823             | .5266134  |
| prot_strat   | -.5053527 | .1211395         | -4.17 | 0.000 | -.7427818            | -.2679236 |
| prot_form    | -.6578775 | .1454642         | -4.52 | 0.000 | -.942982             | -.3727729 |
| taille       | -.0821918 | .0377864         | -2.18 | 0.030 | -.1562517            | -.0081318 |
| gp           | -.2709132 | .1656268         | -1.64 | 0.102 | -.5955358            | .0537095  |
| co           | -.0176728 | .1263451         | -0.14 | 0.889 | -.2653047            | .2299591  |
| agri_alim    | -.3868444 | .3224553         | -1.20 | 0.230 | -1.018845            | .2451564  |
| consommation | -.4005839 | .3197294         | -1.25 | 0.210 | -1.027242            | .2260742  |
| AUTOMOBILE   | -.9548052 | .3744848         | -2.55 | 0.011 | -1.688782            | -.2208285 |
| EQUIPEMENT   | -.8586624 | .3301765         | -2.60 | 0.009 | -1.505797            | -.2115283 |
| INTERMEDIA-S | -.809021  | .3208611         | -2.52 | 0.012 | -1.437897            | -.1801448 |
| ENERGIE      | -.2183159 | .3615524         | -0.60 | 0.546 | -.9269456            | .4903138  |
| _cons        | .5242476  | .8874156         | 0.59  | 0.555 | -1.215055            | 2.26355   |

```

. predict prb0111
(option pr assumed; Pr(st_0111))
(6 missing values generated)

```

```

. probit st_1111 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Iteration 0: log pseudolikelihood = -2205.7492
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1602.5986
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1538.5559
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1536.7174
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1536.7111
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1536.7111
Probit regression
Number of obs = 5173
Wald chi2(14) = 801.58
Prob > chi2 = 0.0000
Pseudo R2 = 0.3033
Log pseudolikelihood = -1536.7111

```

| st_1111      | Coef.     | Robust Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi    | .2924941  | .042806          | 6.83  | 0.000 | .2085958             | .3763923  |
| pr_lnrdex    | -.1472891 | .0378019         | -3.90 | 0.000 | -.2213794            | -.0731987 |
| pr_lrmacx    | .0524428  | .0489058         | 1.07  | 0.284 | -.0434108            | .1482964  |
| prot_strat   | -.1926618 | .0743923         | -2.59 | 0.010 | -.3384681            | -.0468556 |
| prot_form    | -.1307819 | .0942725         | -1.39 | 0.165 | -.3155526            | .0539888  |
| taille       | .0503343  | .0235107         | 2.14  | 0.032 | .0042541             | .0964144  |
| gp           | -.6134104 | .101807          | -6.03 | 0.000 | -.8129485            | -.4138722 |
| co           | .1294222  | .0704708         | 1.84  | 0.066 | -.0086981            | .2675424  |
| agri_alim    | -.2818872 | .3252442         | -0.87 | 0.386 | -.9193541            | .3555797  |
| consommation | -.2894429 | .3236515         | -0.89 | 0.371 | -.9237883            | .3449024  |
| AUTOMOBILE   | -.7606522 | .3431192         | -2.22 | 0.027 | -1.433153            | -.088151  |
| EQUIPEMENT   | -.4551333 | .3251681         | -1.40 | 0.162 | -1.092451            | .1821844  |
| INTERMEDIA-S | -.4375837 | .3222985         | -1.36 | 0.175 | -1.069277            | .1941097  |
| ENERGIE      | -.2288655 | .3670613         | -0.62 | 0.533 | -.9482924            | .4905613  |
| _cons        | .0321499  | .6035586         | 0.05  | 0.958 | -1.150803            | 1.215103  |

```
. probit st_1110 pr_lnrldi pr_lnrdex pr_lrmacx prot_strat prot_form taille gp co
agri_alim consommation AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES, robust
```

```
Iteration 0: log pseudolikelihood = -1678.796
Iteration 1: log pseudolikelihood = -1371.989
Iteration 2: log pseudolikelihood = -1341.5141
Iteration 3: log pseudolikelihood = -1340.6915
Iteration 4: log pseudolikelihood = -1340.689
Iteration 5: log pseudolikelihood = -1340.689
```

```
Probit regression                               Number of obs   =      5173
                                                Wald chi2(13)   =      567.19
                                                Prob > chi2     =      0.0000
Log pseudolikelihood = -1340.689              Pseudo R2      =      0.2014
```

```
-----+-----
```

| st_1110        | Coef.     | Robust<br>Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|---------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| pr_lnrldi      | .1961826  | .0445353            | 4.41  | 0.000 | .1088951             | .2834701  |
| pr_lnrdex      | -.1222005 | .0401033            | -3.05 | 0.002 | -.2008015            | -.0435996 |
| pr_lrmacx      | -.0233871 | .0512341            | -0.46 | 0.648 | -.1238041            | .0770298  |
| prot_strat     | -.146555  | .0778656            | -1.88 | 0.060 | -.2991687            | .0060587  |
| prot_form      | -.6779846 | .1051746            | -6.45 | 0.000 | -.884123             | -.4718461 |
| taille         | -.0007953 | .0252337            | -0.03 | 0.975 | -.0502524            | .0486618  |
| gp             | -.3738653 | .11169              | -3.35 | 0.001 | -.5927738            | -.1549569 |
| co             | .0476634  | .0748834            | 0.64  | 0.524 | -.0991054            | .1944323  |
| agri_alim      | .0086694  | .2056876            | 0.04  | 0.966 | -.3944708            | .4118097  |
| consommation   | .1364622  | .2011935            | 0.68  | 0.498 | -.2578698            | .5307942  |
| AUTOMOBILE     | .6829539  | .2092884            | 3.26  | 0.001 | .2727563             | 1.093152  |
| EQUIPEMENT     | .2522593  | .1978651            | 1.27  | 0.202 | -.1355491            | .6400676  |
| INTERMEDIAIRES | .3219617  | .1928101            | 1.67  | 0.095 | -.0559391            | .6998625  |
| _cons          | .0798756  | .6231075            | 0.13  | 0.898 | -1.141393            | 1.301144  |

```
-----+-----
```

```
. predict prb1110
(option pr assumed; Pr(st_1110))
(6 missing values generated)
. predict prb1111
(option pr assumed; Pr(st_1111))
(6 missing values generated)
```

## B.4 Estimation de la productivité

```
. reg prod prb0000 - prb1111 prb1110 prb1001 taille agri_alim consommation
AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Linear regression
```

```
Number of obs = 5172
F( 23, 5148) = 45.71
Prob > F = 0.0000
R-squared = 0.1664
Root MSE = .68314
```

| prod           | Coef.     | Robust Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| prb0000        | -.0704882 | .1718383         | -0.41 | 0.682 | -.4073643            | .2663879  |
| prb1000        | -2.971125 | .7131633         | -4.17 | 0.000 | -4.369228            | -1.573022 |
| prb0100        | .354775   | 1.305014         | 0.27  | 0.786 | -2.203606            | 2.913156  |
| prb0010        | -.3200199 | .4782932         | -0.67 | 0.503 | -1.257678            | .6176381  |
| prb0001        | -.3076599 | .709898          | -0.43 | 0.665 | -1.699362            | 1.084042  |
| prb1100        | 2.803152  | 3.483822         | 0.80  | 0.421 | -4.02662             | 9.632924  |
| prb0101        | 7.519663  | 3.361031         | 2.24  | 0.025 | .9306142             | 14.10871  |
| prb1010        | 2.157133  | 1.152598         | 1.87  | 0.061 | -.1024482            | 4.416714  |
| prb0110        | 2.093376  | .9439136         | 2.22  | 0.027 | .2429041             | 3.943848  |
| prb0011        | 1.589507  | .6700899         | 2.37  | 0.018 | .2758464             | 2.903168  |
| prb1011        | 3.60573   | 1.074888         | 3.35  | 0.001 | 1.498494             | 5.712967  |
| prb1101        | -3.528247 | 1.044911         | -3.38 | 0.001 | -5.576716            | -1.479779 |
| prb0111        | -1.707226 | 1.184756         | -1.44 | 0.150 | -4.029851            | .6153985  |
| prb1111        | .6184055  | .2564508         | 2.41  | 0.016 | .115653              | 1.121158  |
| prb1110        | -1.128719 | .968792          | -1.17 | 0.244 | -3.027963            | .7705245  |
| prb1001        | -1.550866 | 1.244759         | -1.25 | 0.213 | -3.991123            | .8893896  |
| taille         | .0951497  | .017116          | 5.56  | 0.000 | .061595              | .1287044  |
| agri_alim      | .6279137  | .2412495         | 2.60  | 0.009 | .1549621             | 1.100865  |
| consommation   | .0697456  | .2411782         | 0.29  | 0.772 | -.4030661            | .5425573  |
| AUTOMOBILE     | .5327458  | .245382          | 2.17  | 0.030 | .0516929             | 1.013799  |
| EQUIPEMENT     | .1210525  | .2488368         | 0.49  | 0.627 | -.3667735            | .6088784  |
| INTERMEDIAIRES | .2738907  | .2443739         | 1.12  | 0.262 | -.2051859            | .7529673  |
| ENERGIE        | 1.018131  | .2649486         | 3.84  | 0.000 | .4987194             | 1.537543  |
| _cons          | 4.263698  | .2716503         | 15.70 | 0.000 | 3.731148             | 4.796248  |

```
. reg prod prbinpdt prbinpcd prbinorg prbinmkg taille agri_alim consommation
AUTOMOBILE EQUIPEMENT INTERMEDIAIRES ENERGIE, robust
Linear regression
```

```
Number of obs = 5172
F( 11, 5160) = 83.91
Prob > F = 0.0000
R-squared = 0.1540
Root MSE = .68739
```

| prod           | Coef.     | Robust Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| prbinpdt       | -.4075196 | .1166799         | -3.49 | 0.000 | -.6362617            | -.1787775 |
| prbinpcd       | .2753339  | .1487473         | 1.85  | 0.064 | -.0162739            | .5669417  |
| prbinorg       | .5715207  | .2550466         | 2.24  | 0.025 | .0715213             | 1.07152   |
| prbinmkg       | .4202304  | .1403004         | 3.00  | 0.003 | .1451821             | .6952787  |
| taille         | .0746957  | .0116947         | 6.39  | 0.000 | .0517691             | .0976222  |
| agri_alim      | .418574   | .2215598         | 1.89  | 0.059 | -.0157771            | .852925   |
| consommation   | -.0934312 | .2215452         | -0.42 | 0.673 | -.5277537            | .3408913  |
| AUTOMOBILE     | .2544714  | .2211438         | 1.15  | 0.250 | -.1790642            | .6880069  |
| EQUIPEMENT     | -.0003922 | .2213127         | -0.00 | 0.999 | -.4342589            | .4334745  |
| INTERMEDIAIRES | .0723752  | .2196858         | 0.33  | 0.742 | -.3583021            | .5030525  |
| ENERGIE        | .7337257  | .2330055         | 3.15  | 0.002 | .2769361             | 1.190515  |
| _cons          | 4.319643  | .225916          | 19.12 | 0.000 | 3.876752             | 4.762534  |

# ANNEXE C

## ANNEXES DU CHAPITRE 5

### C.1 Estimation des équations de R&D interne

```
. xtprobit rrdin gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech
moyfaibtech faibtech services , re
note: services omitted because of collinearity
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -20819.069
Iteration 1: log likelihood = -15011.35
Iteration 2: log likelihood = -14966.029
Iteration 3: log likelihood = -14965.96
Iteration 4: log likelihood = -14965.96
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -14965.96
rho = 0.1 log likelihood = -14904.81
rho = 0.2 log likelihood = -14891.802
rho = 0.3 log likelihood = -14931.194
Iteration 0: log likelihood = -14891.802
Iteration 1: log likelihood = -14783.609
Iteration 2: log likelihood = -14768.852
Iteration 3: log likelihood = -14768.556
Iteration 4: log likelihood = -14768.555
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 32045
Number of groups = 26872
Obs per group: min = 1
                avg = 1.2
                max = 3
Wald chi2(9) = 2507.86
Prob > chi2 = 0.0000
Log likelihood = -14768.555
```

| rrdin     | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| gp        | .3702576  | .0268659  | 13.78  | 0.000 | .3176014 .4229139    |
| prot_stra | 1.370829  | .0341563  | 40.13  | 0.000 | 1.303884 1.437774    |
| prot_form | .9373003  | .0290067  | 32.31  | 0.000 | .8804481 .9941524    |
| dde_pull  | -.8414188 | .047927   | -17.56 | 0.000 | -.9353539 -.7474837  |
| taille    | .1219226  | .0080204  | 15.20  | 0.000 | .106203 .1376422     |
| hautech   | .9772444  | .0675757  | 14.46  | 0.000 | .8447985 1.10969     |
| moyhotech | .7210886  | .0482623  | 14.94  | 0.000 | .6264963 .8156809    |

|             |  |           |          |        |       |           |           |
|-------------|--|-----------|----------|--------|-------|-----------|-----------|
| moyfaibtech |  | .4503415  | .0379159 | 11.88  | 0.000 | .3760277  | .5246552  |
| faibtech    |  | .2740655  | .0297706 | 9.21   | 0.000 | .2157161  | .3324149  |
| services    |  | (omitted) |          |        |       |           |           |
| _cons       |  | -2.086659 | .0892905 | -23.37 | 0.000 | -2.261665 | -1.911652 |
| -----       |  |           |          |        |       |           |           |
| /lnsig2u    |  | -.1649525 | .0830697 |        |       | -.3277661 | -.0021389 |
| -----       |  |           |          |        |       |           |           |
| sigma_u     |  | .9208333  | .0382467 |        |       | .8488413  | .9989311  |
| rho         |  | .4588551  | .0206268 |        |       | .4187843  | .4994653  |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 394.81 Prob >= chibar2 = 0.000

. mfx

Marginal effects after xtprobit

y = Linear prediction (predict)

= -.64153119

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z      | P> z  | [        | 95% C.I. | ] | X       |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|----------|----------|---|---------|
| gp*       | .3702576  | .02687    | 13.78  | 0.000 | .317601  | .422914  |   | .550195 |
| prot_s-a* | 1.370829  | .03416    | 40.13  | 0.000 | 1.30388  | 1.43777  |   | .249087 |
| prot_f-m* | .9373003  | .02901    | 32.31  | 0.000 | .880448  | .994152  |   | .371197 |
| dde_pull* | -.8414188 | .04793    | -17.56 | 0.000 | -.935354 | -.747484 |   | .948884 |
| taille    | .1219226  | .00802    | 15.20  | 0.000 | .106203  | .137642  |   | 9.40585 |
| hautech*  | .9772444  | .06758    | 14.46  | 0.000 | .844798  | 1.10969  |   | .035419 |
| moyhot-h* | .7210886  | .04826    | 14.94  | 0.000 | .626496  | .815681  |   | .074739 |
| moyfai-h* | .4503415  | .03792    | 11.88  | 0.000 | .376028  | .524655  |   | .120768 |
| faibtech* | .2740655  | .02977    | 9.21   | 0.000 | .215716  | .332415  |   | .221719 |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

. predict sta2xtrdin, xb

(196 missing values generated)

. gen M\_sta2xtrdin=normalden(sta2xtrdin)/normal(sta2xtrdin)

(196 missing values generated)

. xtreg lrdinx gp co sentg ssup scli scom suni prot\_stra prot\_form dde\_pull fin\_pub

hautech moyhot-h moyfai-h faibtech sta2xtrdin M\_sta2xtrdin, re

Random-effects GLS regression

Number of obs = 31321

Group variable: siren

Number of groups = 26409

R-sq: within = 0.2003

Obs per group: min = 1

between = 0.6031

avg = 1.2

overall = 0.6165

max = 3

Wald chi2(17) = 50314.02

corr(u\_i, X) = 0 (assumed)

Prob > chi2 = 0.0000

| lrdinx       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| gp           | -.6778401 | .0375325  | -18.06 | 0.000 | -.7514025 - .6042777 |
| co           | .8240398  | .0323427  | 25.48  | 0.000 | .7606492 .8874303    |
| sentg        | .1623626  | .0104864  | 15.48  | 0.000 | .1418096 .1829155    |
| ssup         | .068692   | .0138549  | 4.96   | 0.000 | .041537 .095847      |
| scli         | .5080944  | .0147939  | 34.34  | 0.000 | .479099 .5370898     |
| scom         | .2653307  | .0175188  | 15.15  | 0.000 | .2309945 .2996669    |
| sun1         | .5816129  | .0202987  | 28.65  | 0.000 | .5418282 .6213976    |
| prot_stra    | -2.438861 | .0840441  | -29.02 | 0.000 | -2.603585 -2.274138  |
| prot_form    | -1.536188 | .0625735  | -24.55 | 0.000 | -1.65883 -1.413546   |
| dde_pull     | 2.314845  | .0675277  | 34.28  | 0.000 | 2.182493 2.447197    |
| fin_pub      | 1.22561   | .0349044  | 35.11  | 0.000 | 1.157199 1.294021    |
| hautech      | -1.519647 | .079173   | -19.19 | 0.000 | -1.674824 -1.364471  |
| moyhot-h     | -1.076396 | .0597385  | -18.02 | 0.000 | -1.193481 -0.9593106 |
| moyfaibtech  | -.8451397 | .0427022  | -19.79 | 0.000 | -.9288344 -.761445   |
| faibtech     | -.5955329 | .0315466  | -18.88 | 0.000 | -.6573631 -.5337027  |
| sta2xtrdin   | 3.392377  | .0773392  | 43.86  | 0.000 | 3.240795 3.543959    |
| M_sta2xtrdin | 1.792268  | .083489   | 21.47  | 0.000 | 1.628632 1.955903    |
| _cons        | .0165042  | .1152332  | 0.14   | 0.886 | -.2093487 .2423572   |

. predict prsta2xtrdin, xb (910 missing values generated)

```
. xtprobit rrdin rrdin_1 gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech
moyfaibtech faibtech rdin0 m_gp m_pstra m_pform m_ddepull m_taille, re
```

```
Fitting comparison model:
```

```
Iteration 0: log likelihood = -3515.7022
Iteration 1: log likelihood = -2306.1443
Iteration 2: log likelihood = -2297.4267
Iteration 3: log likelihood = -2297.4188
Iteration 4: log likelihood = -2297.4188
```

```
Fitting full model:
```

```
rho = 0.0 log likelihood = -2297.4188
rho = 0.1 log likelihood = -2297.3013
rho = 0.2 log likelihood = -2303.6531
Iteration 0: log likelihood = -2297.3013
Iteration 1: log likelihood = -2291.235
Iteration 2: log likelihood = -2290.8842
Iteration 3: log likelihood = -2290.8813
Iteration 4: log likelihood = -2290.8813
```

```
Random-effects probit regression
```

```
Group variable: siren
```

```
Random effects u_i ~ Gaussian
```

```
Number of obs = 5132
Number of groups = 4098
Obs per group: min = 1
               avg = 1.3
               max = 2
Wald chi2(16) = 386.85
Prob > chi2 = 0.0000
```

```
Log likelihood = -2290.8813
```

| rrdin       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| rrdin_1     | .2032081  | .1641101  | 1.24  | 0.216 | -.1184418 .5248579   |
| gp          | .1526586  | .1257029  | 1.21  | 0.225 | -.0937145 .3990317   |
| prot_stra   | .6932765  | .0932755  | 7.43  | 0.000 | .5104598 .8760932    |
| prot_form   | .6620004  | .0958639  | 6.91  | 0.000 | .4741105 .8498902    |
| dde_pull    | -.6993249 | .1575758  | -4.44 | 0.000 | -1.008168 -.390482   |
| taille      | .1762235  | .1111885  | 1.58  | 0.113 | -.0417019 .394149    |
| hautech     | .5322833  | .1422476  | 3.74  | 0.000 | .2534832 .8110835    |
| moyhotech   | .1330239  | .0909535  | 1.46  | 0.144 | -.0452417 .3112896   |
| moyfaibtech | .1339737  | .0859913  | 1.56  | 0.119 | -.0345661 .3025135   |
| faibtech    | -.0309616 | .0720546  | -0.43 | 0.667 | -.172186 .1102628    |
| rdin0       | .9527409  | .218347   | 4.36  | 0.000 | .5247886 1.380693    |
| m_gp        | -.1643164 | .1538103  | -1.07 | 0.285 | -.4657791 .1371463   |
| m_pstra     | .5788619  | .141225   | 4.10  | 0.000 | .3020661 .8556578    |
| m_pform     | .2900227  | .1277816  | 2.27  | 0.023 | .0395753 .5404701    |
| m_ddepull   | .1198065  | .2404301  | 0.50  | 0.618 | -.3514279 .5910409   |
| m_taille    | -.0941927 | .114508   | -0.82 | 0.411 | -.3186242 .1302389   |
| _cons       | -1.816337 | .2925761  | -6.21 | 0.000 | -2.389776 -1.242898  |
| /lnsig2u    | -.4970663 | .3864803  |       |       | -1.254554 .2604211   |
| sigma_u     | .779944   | .1507165  |       |       | .5340441 1.139068    |
| rho         | .3782303  | .0908894  |       |       | .2219129 .5647398    |

```
Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 13.08 Prob >= chibar2 = 0.000
```

```
. predict dynendwolredin,xb
```

```
(27735 missing values generated)
```

```
. mfx
```

```
Marginal effects after xtprobit
```

```
y = Linear prediction (predict)
```

```
= .30194784
```

| variable  | dy/dx    | Std. Err. | z    | P> z  | [ 95% C.I. ]     | X       |
|-----------|----------|-----------|------|-------|------------------|---------|
| rrdin_1*  | .2032081 | .16411    | 1.24 | 0.216 | -.118442 .524858 | .570538 |
| gp*       | .1526586 | .1257     | 1.21 | 0.225 | -.093714 .399032 | .752338 |
| prot_s~a* | .6932765 | .09328    | 7.43 | 0.000 | .51046 .876093   | .425175 |



```

prot_f-m* | .6620004 .09586 6.91 0.000 .474111 .84989 .568589
dde_pull* | -.6993249 .15758 -4.44 0.000 -1.00817 -.390482 .942712
taille | .1762235 .11119 1.58 0.113 -.041702 .394149 10.6514
hautech* | .5322833 .14225 3.74 0.000 .253483 .811083 .064692
moyhot-h* | .1330239 .09095 1.46 0.144 -.045242 .31129 .154716
moyfai-h* | .1339737 .08599 1.56 0.119 -.034566 .302513 .191154
faibtech* | -.0309616 .07205 -0.43 0.667 -.172186 .110263 .342751
rdin0* | .9527409 .21835 4.36 0.000 .524789 1.38069 .56138
m_gp | -.1643164 .15381 -1.07 0.285 -.465779 .137146 .721389
m_pstra | .5788619 .14122 4.10 0.000 .302066 .855658 .404845
m_pform | .2900227 .12778 2.27 0.023 .039575 .54047 .56466
m_ddep-l | .1198065 .24043 0.50 0.618 -.351428 .591041 .947584
m_taille | -.0941927 .11451 -0.82 0.411 -.318624 .130239 10.6103

```

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

. gen M\_dynendwolredin=normalden(dynendwolredin)/normal(dynendwolredin)

(27735 missing values generated)

```

. xtreg lrdinx lrdinx_1 gp co sentg ssup scli scom suni prot_stra prot_form dde_pull
fin_pub hautech moyhottech moyfaibtech faibtech lrdinx0 m_gp m_co m_sentg m_ssup m_scli
m_scom m_suni m_pstra m_pform m_ddepull m_finpub dynendwolredin M_dynendwolredin, re
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       5128
Group variable: siren                   Number of groups =       4094
R-sq:  within = 0.2874                  Obs per group:  min =         1
      between = 0.7013                    avg           =         1.3
      overall = 0.6927                    max           =         2
                                           Wald chi2(30)    =    10335.73
                                           Prob > chi2      =         0.0000

```

corr(u\_i, X) = 0 (assumed)

| lrdinx       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval]              |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|-----------------------------------|
| lrdinx_1     | .0393871  | .0202771  | 1.94   | 0.052 | -.0003553 .0791295                |
| gp           | .3157385  | .1358353  | 2.32   | 0.020 | .0495062 .5819708                 |
| co           | .4983649  | .1041933  | 4.78   | 0.000 | .2941498 .7025801                 |
| sentg        | .9150455  | .0442665  | 20.67  | 0.000 | .8282848 1.001806                 |
| ssup         | .1662508  | .0495373  | 3.36   | 0.001 | .0691594 .2633421                 |
| scli         | .1769791  | .0515159  | 3.44   | 0.001 | .0760099 .2779483                 |
| scom         | .0414626  | .0562347  | 0.74   | 0.461 | -.0687554 .1516806                |
| sun1         | .3254147  | .0648197  | 5.02   | 0.000 | .1983705 .4524589                 |
| prot_stra    | .4849013  | .1304556  | 3.72   | 0.000 | .2292129 .7405896                 |
| prot_form    | .322155   | .1288258  | 2.50   | 0.012 | .069661 .574649                   |
| dde_pull     | .3587446  | .1875519  | 1.91   | 0.056 | -.0088504 .7263396                |
| fin_pub      | .4461396  | .096317   | 4.63   | 0.000 | .2573619 .6349174                 |
| hautech      | .3578622  | .1484254  | 2.41   | 0.016 | .0669537 .6487707                 |
| moyhottech   | .1469721  | .0984158  | 1.49   | 0.135 | -.0459193 .3398634                |
| moyfaibtech  | -.0757133 | .0947765  | -0.80  | 0.424 | -.261472 .1100453                 |
| faibtech     | -.1580787 | .0808055  | -1.96  | 0.050 | -.3164546 .0002972                |
| lrdinx0      | .2370391  | .0260511  | 9.10   | 0.000 | .1859799 .2880983                 |
| m_gp         | -.0652098 | .1665422  | -0.39  | 0.695 | -.3916265 .2612068                |
| m_co         | .0190599  | .1538685  | 0.12   | 0.901 | -.2825169 .3206366                |
| m_sentg      | -.1857486 | .0620857  | -2.99  | 0.003 | -.3074344 -.0640628               |
| m_ssup       | -.159426  | .0707877  | -2.25  | 0.024 | -.2981674 -.0206846               |
| m_scli       | .1143241  | .0740368  | 1.54   | 0.123 | -.0307853 .2594336                |
| m_scom       | -.0699006 | .0830757  | -0.84  | 0.400 | -.2327261 .0929249                |
| m_suni       | .0588872  | .0923963  | 0.64   | 0.524 | -.1222062 .2399807                |
| m_pstra      | .2529406  | .1608323  | 1.57   | 0.116 | -.0622849 .5681662                |
| m_pform      | .6081824  | .1442273  | 4.22   | 0.000 | .325502 .8908628                  |
| m_ddepull    | .2876632  | .2724501  | 1.06   | 0.291 | -.2463292 .8216557                |
| m_finpub     | .7089706  | .1580486  | 4.49   | 0.000 | .399201 1.01874                   |
| dynendwolr-n | .8832948  | .1863128  | 4.74   | 0.000 | .5181285 1.248461                 |
| M_dynendwo-n | 1.993103  | .2018396  | 9.87   | 0.000 | 1.597504 2.388701                 |
| _cons        | -3.414875 | .2839706  | -12.03 | 0.000 | -3.971447 -2.858302               |
| sigma_u      | 1.0429128 |           |        |       |                                   |
| sigma_e      | 1.587432  |           |        |       |                                   |
| rho          | .30149264 |           |        |       | (fraction of variance due to u_i) |

. predict prdynwo2lnrdin,xb  
(27739 missing values generated)

## C.2 Estimation des équations de R&D externe

```
. xtprobit rrdex gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech
moyfaibtech faibtech services , re
note: services omitted because of collinearity
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -13944.902
Iteration 1: log likelihood = -10875.72
Iteration 2: log likelihood = -10785.64
Iteration 3: log likelihood = -10785.295
Iteration 4: log likelihood = -10785.295
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -10785.295
rho = 0.1 log likelihood = -10765.843
rho = 0.2 log likelihood = -10804.824
Iteration 0: log likelihood = -10765.843
Iteration 1: log likelihood = -10732.076
Iteration 2: log likelihood = -10721.926
Iteration 3: log likelihood = -10721.59
Iteration 4: log likelihood = -10721.582
Iteration 5: log likelihood = -10721.582
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 32042
Number of groups = 26869
Obs per group: min = 1
                avg = 1.2
                max = 3
Wald chi2(9) = 2360.01
Prob > chi2 = 0.0000
Log likelihood = -10721.582
```

| rrdex       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|-------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| gp          | .2455886  | .028008   | 8.77   | 0.000 | .1906939             | .3004834  |
| prot_stra   | .7618483  | .0266296  | 28.61  | 0.000 | .7096553             | .8140414  |
| prot_form   | .703945   | .0271111  | 25.97  | 0.000 | .6508083             | .7570817  |
| dde_pull    | -.3848505 | .0454163  | -8.47  | 0.000 | -.4738648            | -.2958361 |
| taille      | .1532176  | .0078023  | 19.64  | 0.000 | .1379253             | .1685099  |
| hautech     | .6468373  | .0564159  | 11.47  | 0.000 | .5362642             | .7574103  |
| moyhotech   | .4279115  | .0416347  | 10.28  | 0.000 | .346309              | .5095139  |
| moyfaibtech | .2496296  | .0361135  | 6.91   | 0.000 | .1788484             | .3204107  |
| faibtech    | .0659755  | .0300372  | 2.20   | 0.028 | .0071037             | .1248474  |
| services    | (omitted) |           |        |       |                      |           |
| _cons       | -3.23327  | .0944368  | -34.24 | 0.000 | -3.418363            | -3.048177 |
| /lnsig2u    | -.9524714 | .1216193  |        |       | -1.190841            | -.714102  |
| sigma_u     | .6211171  | .0377699  |        |       | .5513308             | .6997368  |
| rho         | .2783881  | .0244319  |        |       | .2331086             | .3286931  |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 127.42 Prob >= chibar2 = 0.000

```
. mfx
Marginal effects after xtprobit
y = Linear prediction (predict)
= -1.4714232
```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [ 95% C.I. ] |          | X       |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|--------------|----------|---------|
| gp*       | .2455886  | .02801    | 8.77  | 0.000 | .190694      | .300483  | .550215 |
| prot_s~a* | .7618483  | .02663    | 28.61 | 0.000 | .709655      | .814041  | .249079 |
| prot_f~m* | .703945   | .02711    | 25.97 | 0.000 | .650808      | .757082  | .371169 |
| dde_pull* | -.3848505 | .04542    | -8.47 | 0.000 | -.473865     | -.295836 | .94888  |
| taille    | .1532176  | .0078     | 19.64 | 0.000 | .137925      | .16851   | 9.40609 |
| hautech*  | .6468373  | .05642    | 11.47 | 0.000 | .536264      | .75741   | .035422 |
| moyhot~h* | .4279115  | .04163    | 10.28 | 0.000 | .346309      | .509514  | .074746 |
| moyfai~h* | .2496296  | .03611    | 6.91  | 0.000 | .178848      | .320411  | .120779 |

```

faibtech*| .0659755 .03004 2.20 0.028 .007104 .124847 .221709
-----
(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1
. predict sta2xtrdex, xb
(196 missing values generated)
. gen M_sta2xtrdex=normalden( sta2xtrdex)/normal( sta2xtrdex)
(196 missing values generated)
. xtreg lrdexx gp co sentg ssup scll scom suni prot_stra prot_form dde_pull fin_pub
hautech moyhotech moyfaibtech faibtech sta2xtrdex M_sta2xtrdex, re
Random-effects GLS regression Number of obs = 31325
Group variable: siren Number of groups = 26415
R-sq: within = 0.0626 Obs per group: min = 1
between = 0.3394 avg = 1.2
overall = 0.3410 max = 3
Wald chi2(17) = 16200.38
Prob > chi2 = 0.0000
corr(u_i, X) = 0 (assumed)
-----

```

| lrdexx       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|
| gp           | -.1605751 | .0244421  | -6.57  | 0.000 | -.2084807 -.1126695  |
| co           | .7631468  | .0262386  | 29.08  | 0.000 | .711172 .8145735     |
| sentg        | -.049919  | .0084995  | -5.87  | 0.000 | -.0665777 -.0332602  |
| ssup         | .0086107  | .0112248  | 0.77   | 0.443 | -.0133895 .0306109   |
| scli         | .0126871  | .0119886  | 1.06   | 0.290 | -.0108101 .0361843   |
| scom         | .1495265  | .0141921  | 10.54  | 0.000 | .1217105 .1773424    |
| sunl         | .431773   | .0164782  | 26.20  | 0.000 | .3994763 .4640697    |
| prot_stra    | -.8491532 | .0370318  | -22.93 | 0.000 | -.9217341 -.7765723  |
| prot_form    | -.4602999 | .0354484  | -12.99 | 0.000 | -.5297775 -.3908224  |
| dde_pull     | .505684   | .040927   | 12.36  | 0.000 | .4254686 .5858995    |
| fin_pub      | .5407708  | .0282978  | 19.11  | 0.000 | .4853082 .5962335    |
| hautech      | -.5281971 | .0516963  | -10.22 | 0.000 | -.62952 -.4268742    |
| moyhotech    | -.3539239 | .0375232  | -9.43  | 0.000 | -.427468 -.2803798   |
| moyfaibtech  | -.2310234 | .0286079  | -8.08  | 0.000 | -.2870939 -.1749529  |
| faibtech     | -.1610364 | .021574   | -7.46  | 0.000 | -.2033206 -.1187522  |
| sta2xtrdex   | 7.927837  | .1740144  | 45.56  | 0.000 | 7.586775 8.268899    |
| M_sta2xtrdex | 8.414202  | .2119839  | 39.69  | 0.000 | 7.998721 8.829683    |
| cons         | -4.426861 | .1840341  | -24.05 | 0.000 | -4.787561 -4.066161  |

```

-----
sigma_u | 0
sigma_e | 1.9412774
rho | 0 (fraction of variance due to u_i)
-----

```

```

. xtprobit rrdex rrdex_1 gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech
moyfaibtech faibtech rdex0 m_gp m_pstra m_pform m_ddepull m_taille, re
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -3208.565
Iteration 1: log likelihood = -2381.0753
Iteration 2: log likelihood = -2367.9965
Iteration 3: log likelihood = -2367.9649
Iteration 4: log likelihood = -2367.9649
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -2367.9649
rho = 0.1 log likelihood = -2368.5685
Iteration 0: log likelihood = -2368.5685
Iteration 1: log likelihood = -2365.5154
Iteration 2: log likelihood = -2365.4532
Iteration 3: log likelihood = -2364.6957
Iteration 4: log likelihood = -2364.6943
Iteration 5: log likelihood = -2364.6943
Random-effects probit regression Number of obs = 5132
Group variable: siren Number of groups = 4098
Random effects u_i ~ Gaussian Obs per group: min = 1
avg = 1.3
max = 2
Wald chi2(16) = 519.15
Prob > chi2 = 0.0000
Log likelihood = -2364.6943
-----

```

| rrdex     | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| rrdex_1   | .3613292  | .1274872  | 2.83  | 0.005 | .1114588 .6111996    |
| gp        | -.0015815 | .1223951  | -0.01 | 0.990 | -.2414714 .2383085   |
| prot_stra | .3927957  | .0791593  | 4.96  | 0.000 | .2376463 .5479452    |
| prot_form | .4601725  | .0902075  | 5.10  | 0.000 | .283369 .6369759     |
| dde_pull  | -.178076  | .1460813  | -1.22 | 0.223 | -.4643901 .1082381   |
| taille    | .1689277  | .1052262  | 1.61  | 0.108 | -.037312 .3751673    |

|             |           |          |        |       |           |           |
|-------------|-----------|----------|--------|-------|-----------|-----------|
| hautech     | .3602431  | .1125158 | 3.20   | 0.001 | .1397161  | .58077    |
| moyhotech   | -.0058746 | .0785665 | -0.07  | 0.940 | -.1598622 | .1481129  |
| moyfaibtech | .1071537  | .0755768 | 1.42   | 0.156 | -.0409742 | .2552816  |
| faibtech    | -.1122032 | .0672873 | -1.67  | 0.095 | -.2440838 | .0196775  |
| rdex0       | .1524905  | .1392277 | 1.10   | 0.273 | -.1203909 | .4253718  |
| m_gp        | .0719388  | .147485  | 0.49   | 0.626 | -.2171265 | .361004   |
| m_pstra     | .5553934  | .1173838 | 4.73   | 0.000 | .3253254  | .7854615  |
| m_pform     | .4290117  | .1212692 | 3.54   | 0.000 | .1913285  | .6666949  |
| m_ddepull   | -.1256904 | .226234  | -0.56  | 0.579 | -.5691009 | .3177202  |
| m_taille    | -.0000894 | .1071501 | -0.00  | 0.999 | -.2100998 | .209921   |
| _cons       | -3.342652 | .3258516 | -10.26 | 0.000 | -3.98131  | -2.703995 |
| -----       |           |          |        |       |           |           |
| /lnsig2u    | -1.058018 | .4942517 |        |       | -2.026733 | -.0893021 |
| -----       |           |          |        |       |           |           |
| sigma_u     | .5891887  | .1456037 |        |       | .3629949  | .9563312  |
| rho         | .2576885  | .094543  |        |       | .1164246  | .4776893  |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 6.54 Prob >= chibar2 = 0.005

. predict dynendwlrddex,xb  
(27735 missing values generated)

. mfx  
Marginal effects after xtprobit  
y = Linear prediction (predict)  
= -.73492626

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [ 95% C.I. ]     | X       |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|------------------|---------|
| rrdex_1*  | .3613292  | .12749    | 2.83  | 0.005 | .111459 .6112    | .291115 |
| gp*       | -.0015815 | .1224     | -0.01 | 0.990 | -.241471 .238309 | .752338 |
| prot_s-a* | .3927957  | .07916    | 4.96  | 0.000 | .237646 .547945  | .425175 |
| prot_f-m* | .4601725  | .09021    | 5.10  | 0.000 | .283369 .636976  | .568589 |
| dde_pull* | -.178076  | .14608    | -1.22 | 0.223 | -.46439 .108238  | .942712 |
| taille    | .1689277  | .10523    | 1.61  | 0.108 | -.037312 .375167 | 10.6514 |
| hautech*  | .3602431  | .11252    | 3.20  | 0.001 | .139716 .58077   | .064692 |
| moyhot-h* | -.0058746 | .07857    | -0.07 | 0.940 | -.159862 .148113 | .154716 |
| moyfai-h* | .1071537  | .07558    | 1.42  | 0.156 | -.040974 .255282 | .191154 |
| faibtech* | -.1122032 | .06729    | -1.67 | 0.095 | -.244084 .019678 | .342751 |
| rdex0*    | .1524905  | .13923    | 1.10  | 0.273 | -.120391 .425372 | .26403  |
| m_gp      | .0719388  | .14748    | 0.49  | 0.626 | -.217126 .361004 | .721389 |
| m_pstra   | .5553934  | .11738    | 4.73  | 0.000 | .325325 .785462  | .404845 |
| m_pform   | .4290117  | .12127    | 3.54  | 0.000 | .191329 .666695  | .56466  |
| m_ddep-l  | -.1256904 | .22623    | -0.56 | 0.579 | -.569101 .31772  | .947584 |
| m_taille  | -.0000894 | .10715    | -0.00 | 0.999 | -.2101 .209921   | 10.6103 |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

. xtreg lrdexx lrdexx\_1 gp co sentg ssup scll scom suni prot\_stra prot\_form dde\_pull  
fin\_pub hautech moyhotech moyfaibtech faibtech lrdexx0 m\_gp m\_co m\_sentg m\_ssup m\_scli  
m\_scom m\_suni m\_pstra m\_pform m\_ddepull m\_finpub dynendwlrddex M\_dynendwlrddex, re

|                               |                  |             |                    |   |         |
|-------------------------------|------------------|-------------|--------------------|---|---------|
| Random-effects GLS regression | Number of obs    | =           | 5125               |   |         |
| Group variable: siren         | Number of groups | =           | 4093               |   |         |
| R-sq: within                  | =                | 0.0067      | Obs per group: min | = | 1       |
| between                       | =                | 0.4643      | avg                | = | 1.3     |
| overall                       | =                | 0.4183      | max                | = | 2       |
| corr(u_i, X)                  | =                | 0 (assumed) | Wald chi2(30)      | = | 3662.97 |
|                               |                  |             | Prob > chi2        | = | 0.0000  |

| lrdexx       | Coef.     | Std. Err.                         | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|--------------|-----------|-----------------------------------|--------|-------|----------------------|
| lrdexx_1     | .1306437  | .0211097                          | 6.19   | 0.000 | .0892694 .1720179    |
| gp           | .3054188  | .1342445                          | 2.28   | 0.023 | .0423045 .5685331    |
| co           | .787211   | .1072556                          | 7.34   | 0.000 | .5769939 .9974282    |
| sentg        | .2421648  | .0448259                          | 5.40   | 0.000 | .1543076 .330022     |
| ssup         | -.0426468 | .05055                            | -0.84  | 0.399 | -.1417231 .0564294   |
| scli         | -.0137127 | .0522617                          | -0.26  | 0.793 | -.1161437 .0887183   |
| scom         | .1009477  | .057981                           | 1.74   | 0.082 | -.0126931 .2145884   |
| suni         | .3295808  | .0678186                          | 4.86   | 0.000 | .1966587 .4625029    |
| prot_stra    | -.0883829 | .1091477                          | -0.81  | 0.418 | -.3023085 .1255426   |
| prot_form    | -.115252  | .1198796                          | -0.96  | 0.336 | -.3502116 .1197076   |
| dde_pull     | .3546292  | .1757788                          | 2.02   | 0.044 | .0101091 .6991494    |
| fin_pub      | -.1534875 | .1025589                          | -1.50  | 0.135 | -.3544992 .0475242   |
| hautech      | -.1463774 | .1314576                          | -1.11  | 0.265 | -.4040296 .1112747   |
| moyhotech    | -.1139527 | .0907642                          | -1.26  | 0.209 | -.2918473 .0639419   |
| moyfaibtech  | -.1877464 | .086904                           | -2.16  | 0.031 | -.3580752 -.0174176  |
| faibtech     | -.1694971 | .0765392                          | -2.21  | 0.027 | -.3195111 -.0194831  |
| lrdexx0      | -.0535913 | .019584                           | -2.74  | 0.006 | -.0919751 -.0152074  |
| m_gp         | -.2009821 | .1650065                          | -1.22  | 0.223 | -.524389 .1224248    |
| m_co         | .1940963  | .1518286                          | 1.28   | 0.201 | -.1034824 .491675    |
| m_sentg      | -.2216618 | .0601944                          | -3.68  | 0.000 | -.3396407 -.103683   |
| m_ssup       | -.0320712 | .0689269                          | -0.47  | 0.642 | -.1671655 .1030231   |
| m_scli       | .060969   | .0703731                          | 0.87   | 0.386 | -.0769597 .1988978   |
| m_scom       | -.1515714 | .08086                            | -1.87  | 0.061 | -.3100542 .0069113   |
| m_suni       | .2358957  | .0914689                          | 2.58   | 0.010 | .0566199 .4151714    |
| m_pstra      | -.4491824 | .1569344                          | -2.86  | 0.004 | -.7567682 -.1415966  |
| m_pform      | .3054453  | .1514234                          | 2.02   | 0.044 | .0086609 .6022297    |
| m_ddepull    | -.1449407 | .266409                           | -0.54  | 0.586 | -.6670928 .3772114   |
| m_finpub     | .723122   | .1554628                          | 4.65   | 0.000 | .4184205 1.027823    |
| dynendwolr-x | 5.340815  | .3257611                          | 16.39  | 0.000 | 4.702335 5.979295    |
| M_dynendwo-x | 6.40451   | .4136882                          | 15.48  | 0.000 | 5.593696 7.215324    |
| _cons        | -4.687258 | .4677022                          | -10.02 | 0.000 | -5.603938 -3.770579  |
| sigma_u      | 0         |                                   |        |       |                      |
| sigma_e      | 1.8692717 |                                   |        |       |                      |
| rho          | 0         | (fraction of variance due to u_i) |        |       |                      |

. predict prdynwo2lnrdex,xb  
(27742 missing values generated)

## C.3 Estimation des équations d'achat de machines et logiciels

```
. xtprobit rmac gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech moyfaibtech
faibtech , re
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -19118.077
Iteration 1: log likelihood = -15574.889
Iteration 2: log likelihood = -15553.919
Iteration 3: log likelihood = -15553.917
Iteration 4: log likelihood = -15553.917
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -15553.917
rho = 0.1 log likelihood = -15531.339
rho = 0.2 log likelihood = -15558.578
Iteration 0: log likelihood = -15531.339
Iteration 1: log likelihood = -15508.466
Iteration 2: log likelihood = -15500.214
Iteration 3: log likelihood = -15500.213
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 32044
Number of groups = 26871
Obs per group: min = 1
avg = 1.2
max = 3
```



```

M_sta2xtrmac | 1.085099 .1948841 5.57 0.000 .7031334 1.467065
_cons | -.1474842 .1839796 -0.80 0.423 -.5080775 .2131092

```

```

-----
sigma_u | 0
sigma_e | 1.9597488
rho | 0 (fraction of variance due to u_i)
-----

```

```

. predict prsta2xtrmac, xb
(910 missing values generated)

```

```

. xtprobit rmac rmac_1 gp prot_stra prot_form dde_pull taille hautech moyhotech
moyfaibtech faibtech rmac0 m_gp m_pstra m_pform m_ddepull m_taille, re

```

```

Fitting comparison model:

```

```

Iteration 0: log likelihood = -3552.5998
Iteration 1: log likelihood = -2803.737
Iteration 2: log likelihood = -2801.8835
Iteration 3: log likelihood = -2801.883
Iteration 4: log likelihood = -2801.883

```

```

Fitting full model:

```

```

rho = 0.0 log likelihood = -2801.883
rho = 0.1 log likelihood = -2803.6379
Iteration 0: log likelihood = -2803.6379
Iteration 1: log likelihood = -2801.3824
Iteration 2: log likelihood = -2801.3822

```

```

Random-effects probit regression

```

```

Group variable: siren

```

```

Random effects u_i ~ Gaussian

```

```

Number of obs = 5132
Number of groups = 4098
Obs per group: min = 1
avg = 1.3
max = 2

```

```

Wald chi2(16) = 620.82
Prob > chi2 = 0.0000

```

```

Log likelihood = -2801.3822

```

```

-----
rmac | Coef. Std. Err. z P>|z| [95% Conf. Interval]
-----+-----
rmac_1 | .3602966 .1088275 3.31 0.001 .1469987 .5735945
gp | -.1708496 .0981192 -1.74 0.082 -.3631598 .0214606
prot_stra | .4802435 .0714787 6.72 0.000 .3401479 .6203392
prot_form | .5109471 .076508 6.68 0.000 .3609941 .6609001
dde_pull | -.8192661 .1302365 -6.29 0.000 -1.074525 -.5640072
taille | .3544416 .0917484 3.86 0.000 .1746181 .5342651
hautech | .3946068 .096928 4.07 0.000 .2046314 .5845823
moyhotech | .0507198 .0666565 0.76 0.447 -.0799246 .1813642
moyfaibtech | -.0034089 .0630044 -0.05 0.957 -.1268953 .1200775
faibtech | -.0399141 .0546674 -0.73 0.465 -.1470602 .067232
rmac0 | .1166198 .1154375 1.01 0.312 -.1096336 .3428732
m_gp | .250652 .1185273 2.11 0.034 .0183428 .4829613
m_pstra | .3315276 .0984193 3.37 0.001 .1386294 .5244258
m_pform | .0800624 .0963064 0.83 0.406 -.1086946 .2688195
m_ddepull | .153777 .1886087 0.82 0.415 -.2158893 .5234434
m_taille | -.2516252 .0929464 -2.71 0.007 -.4337968 -.0694536
_cons | -1.485947 .2105805 -7.06 0.000 -1.898677 -1.073217
-----
/lnsig2u | -2.245663 1.091921 -4.385789 -.1055374
-----
sigma_u | .3253572 .1776322 .1115933 .9485994
rho | .0957242 .0945179 .0122999 .4736401
-----

```

```

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 1.00 Prob >= chibar2 = 0.158

```

```

. predict dynendwolrmac,xb

```

```

. mfx

```

```

Marginal effects after xtprobit

```

```

y = Linear prediction (predict)
= -.07230921

```

```

-----
variable | dy/dx Std. Err. z P>|z| [ 95% C.I. ] X
-----+-----
rmac_1* | .3602966 .10883 3.31 0.001 .146999 .573594 .401988
gp* | -.1708496 .09812 -1.74 0.082 -.36316 .021461 .752338
prot_s~a* | .4802435 .07148 6.72 0.000 .340148 .620339 .425175
prot_f~m* | .5109471 .07651 6.68 0.000 .360994 .6609 .568589
dde_pull* | -.8192661 .13024 -6.29 0.000 -1.07453 -.564007 .942712

```

|           |           |        |       |       |          |          |         |
|-----------|-----------|--------|-------|-------|----------|----------|---------|
| taille    | .3544416  | .09175 | 3.86  | 0.000 | .174618  | .534265  | 10.6514 |
| hautech*  | .3946068  | .09693 | 4.07  | 0.000 | .204631  | .584582  | .064692 |
| moyhot-h* | .0507198  | .06666 | 0.76  | 0.447 | -.079925 | .181364  | .154716 |
| moyfai-h* | -.0034089 | .063   | -0.05 | 0.957 | -.126895 | .120078  | .191154 |
| faibtech* | -.0399141 | .05467 | -0.73 | 0.465 | -.14706  | .067232  | .342751 |
| rmac0*    | .1166198  | .11544 | 1.01  | 0.312 | -.109634 | .342873  | .381333 |
| m_gp      | .250652   | .11853 | 2.11  | 0.034 | .018343  | .482961  | .721389 |
| m_pstra   | .3315276  | .09842 | 3.37  | 0.001 | .138629  | .524426  | .404845 |
| m_pform   | .0800624  | .09631 | 0.83  | 0.406 | -.108695 | .268819  | .56466  |
| m_ddep-l  | .153777   | .18861 | 0.82  | 0.415 | -.215889 | .523443  | .947584 |
| m_taille  | -.2516252 | .09295 | -2.71 | 0.007 | -.433797 | -.069454 | 10.6103 |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

```
. xtreg lrmacx lrmacx_1 gp co sentg ssup scli scom suni prot_stra prot_form dde_pull
fin_pub hautech moyhottech moyfaibtech faibtech lrmacx0 m_gp m_co m_sentg m_ssup m_scli
m_scom m_suni m_pstra m_pform m_ddepull m_finpub dynendwo_lrmac M_dynendwo_lrmac, re
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       3781
Group variable: siren                   Number of groups  =       3203
R-sq:  within = 0.0741                   Obs per group:   min =         1
      between = 0.2440                       avg =         1.2
      overall = 0.2266                       max =         2
                                           Wald chi2(30)    =    1054.48
                                           Prob > chi2      =     0.0000
```

| lrmacx         | Coef.     | Std. Err.                         | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| lrmacx_1       | .0242288  | .0311391                          | 0.78  | 0.437 | -.0368027            | .0852603  |
| gp             | .0405157  | .1598029                          | 0.25  | 0.800 | -.2726922            | .3537237  |
| co             | .3293966  | .1418447                          | 2.32  | 0.020 | .0513862             | .6074071  |
| sentg          | .4141795  | .0575042                          | 7.20  | 0.000 | .3014734             | .5268857  |
| ssup           | .4740957  | .066541                           | 7.12  | 0.000 | .3436777             | .6045136  |
| scli           | .0137316  | .0687191                          | 0.20  | 0.842 | -.1209553            | .1484185  |
| scom           | .203226   | .0767126                          | 2.65  | 0.008 | .0528721             | .3535799  |
| sun1           | -.2331506 | .0920512                          | -2.53 | 0.011 | -.4135675            | -.0527336 |
| prot_stra      | -.2610891 | .1515587                          | -1.72 | 0.085 | -.5581387            | .0359605  |
| prot_form      | -.3062233 | .1589853                          | -1.93 | 0.054 | -.6178287            | .0053822  |
| dde_pull       | .4203914  | .258468                           | 1.63  | 0.104 | -.0861965            | .9269793  |
| fin_pub        | -.2516667 | .1452266                          | -1.73 | 0.083 | -.5363055            | .0329722  |
| hautech        | -.1895723 | .1778279                          | -1.07 | 0.286 | -.5381087            | .158964   |
| moyhottech     | .0346972  | .1200012                          | 0.29  | 0.772 | -.2005009            | .2698953  |
| moyfaibtech    | .0384594  | .1111077                          | 0.35  | 0.729 | -.1793076            | .2562264  |
| faibtech       | .0469565  | .0968486                          | 0.48  | 0.628 | -.1428634            | .2367763  |
| lrmacx0        | .0724151  | .0339506                          | 2.13  | 0.033 | .0058731             | .138957   |
| m_gp           | -.1039045 | .2015895                          | -0.52 | 0.606 | -.4990126            | .2912036  |
| m_co           | -.0548558 | .202509                           | -0.27 | 0.786 | -.4517661            | .3420546  |
| m_sentg        | -.2816834 | .0778711                          | -3.62 | 0.000 | -.4343081            | -.1290588 |
| m_ssup         | -.0680963 | .0945479                          | -0.72 | 0.471 | -.2534069            | .1172142  |
| m_scli         | -.0600567 | .0954825                          | -0.63 | 0.529 | -.2471989            | .1270856  |
| m_scom         | -.0890552 | .1101543                          | -0.81 | 0.419 | -.3049537            | .1268432  |
| m_suni         | .1486553  | .1244259                          | 1.19  | 0.232 | -.095215             | .3925255  |
| m_pstra        | -.3050631 | .1936826                          | -1.58 | 0.115 | -.6846741            | .0745478  |
| m_pform        | -.137346  | .1722728                          | -0.80 | 0.425 | -.4749945            | .2003024  |
| m_ddepull      | -.2555455 | .3414033                          | -0.75 | 0.454 | -.9246836            | .4135926  |
| m_finpub       | .4641722  | .2247521                          | 2.07  | 0.039 | .0236661             | .9046782  |
| dynendwo_l-r-c | 2.267131  | .4432007                          | 5.12  | 0.000 | 1.398474             | 3.135789  |
| M_dynendwo-c   | 2.027619  | .6512482                          | 3.11  | 0.002 | .7511955             | 3.304042  |
| _cons          | -.8618089 | .6381057                          | -1.35 | 0.177 | -2.112473            | .3888552  |
| sigma_u        | .78584423 |                                   |       |       |                      |           |
| sigma_e        | 1.7939083 |                                   |       |       |                      |           |
| rho            | .16100266 | (fraction of variance due to u_i) |       |       |                      |           |

```
. predict prdynwo2lnrmac,xb
(2886 missing values generated)
```



## C.4 Estimation des modèles statiques et dynamiques d'innovation

```

. xtprobit innpdt prsta2xtrdin prsta2xtrdex prsta2xtrmac prot_stra prot_form taille gp
co Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile Equipement Construction
Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé
Administration,re
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -20262.33
Iteration 1: log likelihood = -9831.5646
Iteration 2: log likelihood = -9692.1104
Iteration 3: log likelihood = -9691.6021
Iteration 4: log likelihood = -9691.5999
Iteration 5: log likelihood = -9691.5998
Iteration 6: log likelihood = -9691.5998
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -9691.5998
rho = 0.1 log likelihood = -9695.2198
Iteration 0: log likelihood = -9695.2198
Iteration 1: log likelihood = -9676.5538
Iteration 2: log likelihood = -9674.538
Iteration 3: log likelihood = -9674.2666
Iteration 4: log likelihood = -9674.2636
Iteration 5: log likelihood = -9674.2636
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 31957
Number of groups = 26797
Obs per group: min = 1
                avg = 1.2
                max = 3
Wald chi2(23) = 2292.70
Prob > chi2 = 0.0000

Log likelihood = -9674.2636
-----+-----
      innpdt |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
prsta2xtrdin |   .9236382   .0238971    38.65  0.000   .8768008   .9704756
prsta2xtrdex |  -1.00695   .036845   -27.33  0.000  -1.079165  -.934735
prsta2xtrmac |   .1457168   .0176281    8.27  0.000   .1111664   .1802672
  prot_stra   |  -0.1579164   .0286592   -5.51  0.000  -0.2140875  -.1017453
  prot_form   |   .2256113   .0259922    8.68  0.000   .1746676   .276555
    taille    |  -0.0277599   .0093679   -2.96  0.003  -0.0461207  -.0093991
      gp       |   .1586358   .0267725    5.93  0.000   .1061626   .211109
      co       |   .4527807   .0382702   11.83  0.000   .3777726   .5277888
Energie      |  -0.6741771   .1077174   -6.26  0.000  -0.8852994  -.4630548
Intermedia~s |  -0.2829018   .0483594   -5.85  0.000  -0.3776845  -.1881192
  agri_alim   |  -0.2865433   .0578374   -4.95  0.000  -0.3999025  -.173184
consommation |  -0.2986402   .0563146   -5.30  0.000  -0.4090148  -.1882656
  Automobile  |  -0.4903709   .0806833   -6.08  0.000  -0.6485073  -.3322344
  Equipement  |  -0.0737268   .0530424   -1.39  0.165  -0.1776881   .0302345
  Construction | -0.6300733   .0794728   -7.93  0.000  -0.7858372  -.4743095
    Commerce  |  -0.9172288   .0599062  -15.31  0.000  -1.034643  -.7998148
    Transport  |  -0.4556224   .0720113   -6.33  0.000  -0.596762  -.3144828
      Finance  |   .174625   .0732496    2.38  0.017   .0310583   .3181916
  Immobilier  |  -0.6871367   .1354304   -5.07  0.000  -0.9525753  -.4216981
    Sces_Eses |  -0.2382446   .0527595   -4.52  0.000  -0.3416513  -.1348379
Sce_Partic~s |  -0.5225377   .0856344   -6.10  0.000  -0.6903781  -.3546973
  Edu_Santé   |   .7297081   .7453822    0.98  0.328  -0.7312141   2.19063
Administra~n |  -6.189535   699.8873   -0.01  0.993  -1377.943  1365.564
  _cons       |  -1.574248   .097047   -16.22  0.000  -1.764457  -1.38404
-----+-----
      /lnsig2u |  -1.450157   .2077328   -1.857305  -1.043008
-----+-----
      sigma_u   |   .4842867   .0503011   .3950857   .5936271
      rho       |   .1899775   .0319672   .1350174   .2605701
-----+-----
Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 34.67 Prob >= chibar2 = 0.000

```

```
. mfx
Marginal effects after xtprobit
y = Linear prediction (predict)
= -.80861727
```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z      | P> z  | [        | 95% C.I. | ] | X       |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|----------|----------|---|---------|
| prsta2~n  | .9236382  | .0239     | 38.65  | 0.000 | .876801  | .970476  |   | 1.80509 |
| prsta2~x  | -1.00695  | .03685    | -27.33 | 0.000 | -1.07916 | -.934735 |   | .611306 |
| prsta2~c  | .1457168  | .01763    | 8.27   | 0.000 | .111166  | .180267  |   | .77312  |
| prot_s~a* | -.1579164 | .02866    | -5.51  | 0.000 | -.214087 | -.101745 |   | .251682 |
| prot_f~m* | .2256113  | .02599    | 8.68   | 0.000 | .174668  | .276555  |   | .372407 |
| taille    | -.0277599 | .00937    | -2.96  | 0.003 | -.046121 | -.009399 |   | 9.40958 |
| gp*       | .1586358  | .02677    | 5.93   | 0.000 | .106163  | .211109  |   | .550177 |
| co*       | .4527807  | .03827    | 11.83  | 0.000 | .377773  | .527789  |   | .213662 |
| Energie*  | -.6741771 | .10772    | -6.26  | 0.000 | -.885299 | -.463055 |   | .014332 |
| Interm~s* | -.2829018 | .04836    | -5.85  | 0.000 | -.377684 | -.188119 |   | .199174 |
| agri_a~m* | -.2865433 | .05784    | -4.95  | 0.000 | -.399903 | -.173184 |   | .081297 |
| consom~n* | -.2986402 | .05631    | -5.30  | 0.000 | -.409015 | -.188266 |   | .086992 |
| Automo~e* | -.4903709 | .08068    | -6.08  | 0.000 | -.648507 | -.332234 |   | .025816 |
| Equipe~t* | -.0737268 | .05304    | -1.39  | 0.165 | -.177688 | .030234  |   | .097068 |
| Constr~n* | -.6300733 | .07947    | -7.93  | 0.000 | -.785837 | -.474309 |   | .043559 |
| Commerce* | -.9172288 | .05991    | -15.31 | 0.000 | -1.03464 | -.799815 |   | .138905 |
| Transp~t* | -.4556224 | .07201    | -6.33  | 0.000 | -.596762 | -.314483 |   | .05013  |
| Finance*  | .174625   | .07325    | 2.38   | 0.017 | .031058  | .318192  |   | .028351 |
| Immobi~r* | -.6871367 | .13543    | -5.07  | 0.000 | -.952575 | -.421698 |   | .010577 |
| Sces_E~s* | -.2382446 | .05276    | -4.52  | 0.000 | -.341651 | -.134838 |   | .146603 |
| Sc_e~s*   | -.5225377 | .08563    | -6.10  | 0.000 | -.690378 | -.354697 |   | .029978 |
| Edu_Sa~e* | .7297081  | .74538    | 0.98   | 0.328 | -.731214 | 2.19063  |   | .000125 |
| Admini~n* | -6.189535 | 699.89    | -0.01  | 0.993 | -1377.94 | 1365.56  |   | .000031 |

```
(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1
. predict statinnpdt,xb
(910 missing values generated)
```

```
. xtprobit innpcd prsta2xtrdin prsta2xtrdex prsta2xtrmac prot_stra prot_form taille gp
co Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile Equipement Construction
Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé
Administration,re
```

```
Fitting comparison model:
```

```
Iteration 0: log likelihood = -20609.269
Iteration 1: log likelihood = -11124.072
Iteration 2: log likelihood = -11053.067
Iteration 3: log likelihood = -11052.996
Iteration 4: log likelihood = -11052.992
Iteration 5: log likelihood = -11052.992
```

```
Fitting full model:
```

```
rho = 0.0 log likelihood = -11052.992
rho = 0.1 log likelihood = -11050.013
rho = 0.2 log likelihood = -11105.749
Iteration 0: log likelihood = -11050.013
Iteration 1: log likelihood = -11027.532
Iteration 2: log likelihood = -11025.573
Iteration 3: log likelihood = -11025.436
Iteration 4: log likelihood = -11025.435
```

```
Random-effects probit regression
Group variable: siren
```

```
Number of obs = 31955
Number of groups = 26795
```

```
Random effects u_i ~ Gaussian
```

```
Obs per group: min = 1
avg = 1.2
max = 3
```

```
Log likelihood = -11025.435
```

```
Wald chi2(23) = 3451.19
Prob > chi2 = 0.0000
```

| innpcd        | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|---------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| prsta2xtrdin  | .3991754  | .0164118  | 24.32  | 0.000 | .3670089             | .4313419  |
| prsta2xtrdex  | -.533316  | .0299772  | -17.79 | 0.000 | -.5920702            | -.4745617 |
| prsta2xtrmac  | 1.068682  | .0232367  | 45.99  | 0.000 | 1.023139             | 1.114225  |
| prot_stra     | -.1800079 | .0287726  | -6.26  | 0.000 | -.2364012            | -.1236146 |
| prot_form     | -.0192303 | .0258098  | -0.75  | 0.456 | -.0698166            | .0313559  |
| taille        | -.0822539 | .0088339  | -9.31  | 0.000 | -.0995679            | -.0649399 |
| gp            | .2171032  | .0253252  | 8.57   | 0.000 | .1674666             | .2667398  |
| co            | .0437362  | .0355828  | 1.23   | 0.219 | -.0260048            | .1134771  |
| Energie       | -.0008385 | .1007518  | -0.01  | 0.993 | -.1983085            | .1966315  |
| Intermedia~s  | .048944   | .045627   | 1.07   | 0.283 | -.0404832            | .1383713  |
| agri_alim     | -.0527423 | .0557121  | -0.95  | 0.344 | -.1619361            | .0564515  |
| consommation  | .0202809  | .0543474  | 0.37   | 0.709 | -.0862381            | .1267998  |
| Automobile    | -.1881557 | .0779345  | -2.41  | 0.016 | -.3409045            | -.0354069 |
| Equipement    | -.2996261 | .0504657  | -5.94  | 0.000 | -.3985371            | -.2007151 |
| Construction  | .216857   | .0688307  | 3.15   | 0.002 | .0819514             | .3517627  |
| Commerce      | .0074435  | .0518083  | 0.14   | 0.886 | -.0940989            | .1089859  |
| Transport     | .1501067  | .0659803  | 2.28   | 0.023 | .0207878             | .2794257  |
| Finance       | .5376636  | .0724983  | 7.42   | 0.000 | .3955695             | .6797577  |
| Immobilier    | .1193342  | .1159909  | 1.03   | 0.304 | -.1080038            | .3466723  |
| Sces_Eses     | .1362695  | .050118   | 2.72   | 0.007 | .0380401             | .2344989  |
| Sce_Partici~s | .0625675  | .0791163  | 0.79   | 0.429 | -.0924977            | .2176327  |
| Edu_Santé     | .8526286  | .7737447  | 1.10   | 0.270 | -.6638832            | 2.36914   |
| Administra~n  | 6.314335  | 682.0197  | 0.01   | 0.993 | -1330.42             | 1343.048  |
| _cons         | -1.221837 | .0883538  | -13.83 | 0.000 | -1.395007            | -1.048666 |
| /lnsig2u      | -1.489424 | .165307   |        |       | -1.81342             | -1.165428 |
| sigma_u       | .474871   | .0392498  |        |       | .4038507             | .5583808  |
| rho           | .1840082  | .0248207  |        |       | .1402253             | .2376823  |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 55.11 Prob >= chibar2 = 0.000

. mfx

Marginal effects after xtprobit

y = Linear prediction (predict)  
= -.66873461

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z      | P> z  | [ 95% C.I. ] |          | X       |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|--------------|----------|---------|
| prsta2~n  | .3991754  | .01641    | 24.32  | 0.000 | .367009      | .431342  | 1.8052  |
| prsta2~x  | -.533316  | .02998    | -17.79 | 0.000 | -.59207      | -.474562 | .611341 |
| prsta2~c  | 1.068682  | .02324    | 45.99  | 0.000 | 1.02314      | 1.11423  | .773168 |
| prot_s~a* | -.1800079 | .02877    | -6.26  | 0.000 | -.236401     | -.123615 | .251698 |
| prot_f~m* | -.0192303 | .02581    | -0.75  | 0.456 | -.069817     | .031356  | .37243  |
| taille    | -.0822539 | .00883    | -9.31  | 0.000 | -.099568     | -.06494  | 9.40963 |
| gp*       | .2171032  | .02533    | 8.57   | 0.000 | .167467      | .26674   | .55018  |
| co*       | .0437362  | .03558    | 1.23   | 0.219 | -.026005     | .113477  | .213675 |
| Energie*  | -.0008385 | .10075    | -0.01  | 0.993 | -.198308     | .196631  | .014333 |
| Interm~s* | .048944   | .04563    | 1.07   | 0.283 | -.040483     | .138371  | .199186 |
| agri_a~m* | -.0527423 | .05571    | -0.95  | 0.344 | -.161936     | .056451  | .081302 |
| consom~n* | .0202809  | .05435    | 0.37   | 0.709 | -.086238     | .1268    | .086997 |
| Automo~e* | -.1881557 | .07793    | -2.41  | 0.016 | -.340905     | -.035407 | .025818 |
| Equipe~t* | -.2996261 | .05047    | -5.94  | 0.000 | -.398537     | -.200715 | .097074 |
| Constr~n* | .216857   | .06883    | 3.15   | 0.002 | .081951      | .351763  | .043561 |
| Commerce* | .0074435  | .05181    | 0.14   | 0.886 | -.094099     | .108986  | .138914 |
| Transp~t* | .1501067  | .06598    | 2.28   | 0.023 | .020788      | .279426  | .050133 |
| Finance*  | .5376636  | .0725     | 7.42   | 0.000 | .395569      | .679758  | .028352 |
| Immobi~r* | .1193342  | .11599    | 1.03   | 0.304 | -.108004     | .346672  | .010577 |
| Sces_E~s* | .1362695  | .05012    | 2.72   | 0.007 | .03804       | .234499  | .146581 |
| Sce_Pa~s* | .0625675  | .07912    | 0.79   | 0.429 | -.092498     | .217633  | .02998  |
| Edu_Sa~é* | .8526286  | .77374    | 1.10   | 0.270 | -.663883     | 2.36914  | .000125 |
| Admini~n* | 6.314335  | 682.02    | 0.01   | 0.993 | -1330.42     | 1343.05  | .000031 |

```
. xtprobit innorg prsta2xtrdin prsta2xtrdex prsta2xtrmac prot_stra prot_form taille gp
co Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile Equipement Construction
Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé
Administration,re
```

```
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -21791.62
Iteration 1: log likelihood = -17761.288
Iteration 2: log likelihood = -17758.266
Iteration 3: log likelihood = -17758.243
Iteration 4: log likelihood = -17758.243
Iteration 5: log likelihood = -17758.243
Iteration 6: log likelihood = -17758.243
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -17758.243
rho = 0.1 log likelihood = -17750.947
rho = 0.2 log likelihood = -17783.382
Iteration 0: log likelihood = -17750.947
Iteration 1: log likelihood = -17739.26
Iteration 2: log likelihood = -17738.968
Iteration 3: log likelihood = -17738.937
Iteration 4: log likelihood = -17738.937
```

```
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 31957
Number of groups = 26797
Obs per group: min = 1
                avg = 1.2
                max = 3
Wald chi2(23) = 3061.34
Prob > chi2 = 0.0000
```

```
Log likelihood = -17738.937
```

| innorg       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| prsta2xtrdin | .2488951  | .0139803  | 17.80  | 0.000 | .2214941             | .276296   |
| prsta2xtrdex | -.316441  | .0256412  | -12.34 | 0.000 | -.3666968            | -.2661851 |
| prsta2xtrmac | .3256655  | .0157421  | 20.69  | 0.000 | .2948116             | .3565194  |
| prot_stra    | .1099682  | .0246144  | 4.47   | 0.000 | .0617248             | .1582116  |
| prot_form    | .2064015  | .0211981  | 9.74   | 0.000 | .164854              | .247949   |
| taille       | -.0201384 | .0069511  | -2.90  | 0.004 | -.0337623            | -.0065145 |
| gp           | .2548884  | .0197436  | 12.91  | 0.000 | .2161915             | .2935852  |
| co           | .1957629  | .0324791  | 6.03   | 0.000 | .132105              | .2594208  |
| Energie      | .3044202  | .0794351  | 3.83   | 0.000 | .1487302             | .4601102  |
| Intermedia-s | -.0502173 | .038249   | -1.31  | 0.189 | -.125184             | .0247493  |
| agri_alim    | -.1013598 | .0457553  | -2.22  | 0.027 | -.1910386            | -.0116811 |
| consommation | .0003718  | .0447839  | 0.01   | 0.993 | -.087403             | .0881465  |
| Automobile   | -.0662122 | .0633591  | -1.05  | 0.296 | -.1903937            | .0579694  |
| Equipement   | .0669914  | .0419244  | 1.60   | 0.110 | -.0151788            | .1491616  |
| Construction | .3956547  | .052863   | 7.48   | 0.000 | .292045              | .4992643  |
| Commerce     | .0026026  | .0415689  | 0.06   | 0.950 | -.0788709            | .0840761  |
| Transport    | .2887321  | .0509914  | 5.66   | 0.000 | .1887909             | .3886733  |
| Finance      | .5355324  | .0616247  | 8.69   | 0.000 | .4147501             | .6563147  |
| Immobilier   | .4281979  | .0864386  | 4.95   | 0.000 | .2587813             | .5976144  |
| Sces_Eses    | .2304654  | .0411718  | 5.60   | 0.000 | .1497701             | .3111607  |
| Sce_Partic-s | .0626128  | .0605171  | 1.03   | 0.301 | -.0559985            | .1812241  |
| Edu_Santé    | .4338989  | .6877046  | 0.63   | 0.528 | -.9139774            | 1.781775  |
| Administra-n | 5.900682  | 627.4828  | 0.01   | 0.992 | -1223.943            | 1235.744  |
| _cons        | -.9111393 | .0703015  | -12.96 | 0.000 | -1.048928            | -.7733509 |
| /lnsig2u     | -1.762689 | .1899022  |        |       | -2.13489             | -1.390487 |
| sigma_u      | .4142256  | .0393312  |        |       | .343886              | .4989528  |
| rho          | .1464539  | .0237388  |        |       | .1057516             | .19933    |

```
Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 38.61 Prob >= chibar2 = 0.000
```

```
. mfx
Marginal effects after xtprobit
      y = Linear prediction (predict)
      = -.2277856
```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z      | P> z  | [        | 95% C.I. | ]       | X |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|----------|----------|---------|---|
| prsta2~n  | .2488951  | .01398    | 17.80  | 0.000 | .221494  | .276296  | 1.80509 |   |
| prsta2~x  | -.316441  | .02564    | -12.34 | 0.000 | -.366697 | -.266185 | .611306 |   |
| prsta2~c  | .3256655  | .01574    | 20.69  | 0.000 | .294812  | .356519  | .77312  |   |
| prot_s~a* | .1099682  | .02461    | 4.47   | 0.000 | .061725  | .158212  | .251682 |   |
| prot_f~m* | .2064015  | .0212     | 9.74   | 0.000 | .164854  | .247949  | .372407 |   |
| taille    | -.0201384 | .00695    | -2.90  | 0.004 | -.033762 | -.006514 | 9.40958 |   |
| gp*       | .2548884  | .01974    | 12.91  | 0.000 | .216192  | .293585  | .550177 |   |
| co*       | .1957629  | .03248    | 6.03   | 0.000 | .132105  | .259421  | .213662 |   |
| Energie*  | .3044202  | .07944    | 3.83   | 0.000 | .14873   | .46011   | .014332 |   |
| Interm~s* | -.0502173 | .03825    | -1.31  | 0.189 | -.125184 | .024749  | .199174 |   |
| agri_a~m* | -.1013598 | .04576    | -2.22  | 0.027 | -.191039 | -.011681 | .081297 |   |
| consom~n* | .0003718  | .04478    | 0.01   | 0.993 | -.087403 | .088147  | .086992 |   |
| Automo~e* | -.0662122 | .06336    | -1.05  | 0.296 | -.190394 | .057969  | .025816 |   |
| Equipe~t* | .0669914  | .04192    | 1.60   | 0.110 | -.015179 | .149162  | .097068 |   |
| Constr~n* | .3956547  | .05286    | 7.48   | 0.000 | .292045  | .499264  | .043559 |   |
| Commerce* | .0026026  | .04157    | 0.06   | 0.950 | -.078871 | .084076  | .138905 |   |
| Transp~t* | .2887321  | .05099    | 5.66   | 0.000 | .188791  | .388673  | .05013  |   |
| Finance*  | .5355324  | .06162    | 8.69   | 0.000 | .41475   | .656315  | .028351 |   |
| Immobi~r* | .4281979  | .08644    | 4.95   | 0.000 | .258781  | .597614  | .010577 |   |
| Sces_E~s* | .2304654  | .04117    | 5.60   | 0.000 | .14977   | .311161  | .146603 |   |
| Sce_Pa~s* | .0626128  | .06052    | 1.03   | 0.301 | -.055999 | .181224  | .029978 |   |
| Edu_Sa~é* | .4338989  | .6877     | 0.63   | 0.528 | -.913977 | 1.78178  | .000125 |   |
| Admini~n* | 5.900682  | 627.48    | 0.01   | 0.992 | -1223.94 | 1235.74  | .000031 |   |

```
(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1
. predict statinnorg,xb
(910 missing values generated)
```

```
. xtprobit innmkg prsta2xtrdin prsta2xtrdex prsta2xtrmac prot_stra prot_form taille gp
co Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile Equipement Construction
Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé
Administration,re
```

```
Fitting comparison model:
```

```
Iteration 0: log likelihood = -17039.152
Iteration 1: log likelihood = -14254.044
Iteration 2: log likelihood = -14218.882
Iteration 3: log likelihood = -14218.854
Iteration 4: log likelihood = -14218.851
Iteration 5: log likelihood = -14218.851
Iteration 6: log likelihood = -14218.851
Iteration 7: log likelihood = -14218.851
```

```
Fitting full model:
```

```
rho = 0.0 log likelihood = -14218.851
rho = 0.1 log likelihood = -14214.312
rho = 0.2 log likelihood = -14258.509
Iteration 0: log likelihood = -14214.312
Iteration 1: log likelihood = -14193.774
Iteration 2: log likelihood = -14192.096
Iteration 3: log likelihood = -14192.05
Iteration 4: log likelihood = -14192.05
```

```
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
```

```
Number of obs = 31957
Number of groups = 26797
Obs per group: min = 1
               avg = 1.2
               max = 3
```

```
Log likelihood = -14192.05
Wald chi2(23) = 2027.92
Prob > chi2 = 0.0000
```

| innmkg       | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| prsta2xtrdin | .2651868  | .0150871  | 17.58  | 0.000 | .2356165             | .294757   |
| prsta2xtrdex | -.5064899 | .0279004  | -18.15 | 0.000 | -.5611738            | -.451806  |
| prsta2xtrmac | .3537866  | .0174653  | 20.26  | 0.000 | .3195553             | .3880179  |
| prot_stra    | -.0623684 | .0265499  | -2.35  | 0.019 | -.1144052            | -.0103316 |
| prot_form    | .5033253  | .0240682  | 20.91  | 0.000 | .4561525             | .5504981  |
| taille       | .0223309  | .0078408  | 2.85   | 0.004 | .0069632             | .0376986  |
| gp           | .0708028  | .0225629  | 3.14   | 0.002 | .0265804             | .1150252  |
| co           | .0728515  | .0336774  | 2.16   | 0.031 | .0068451             | .1388579  |
| Energie      | .0176582  | .0975258  | 0.18   | 0.856 | -.1734887            | .2088052  |
| Intermedia~s | -.1097848 | .0454912  | -2.41  | 0.016 | -.198946             | -.0206236 |
| agri_alim    | .5214527  | .0529436  | 9.85   | 0.000 | .4176851             | .6252203  |
| consommation | .2880882  | .0521345  | 5.53   | 0.000 | .1859065             | .3902699  |
| Automobile   | -.1947418 | .0755338  | -2.58  | 0.010 | -.3427854            | -.0466982 |
| Equipement   | -.1197713 | .0498941  | -2.40  | 0.016 | -.217562             | -.0219805 |
| Construction | .1787437  | .0663309  | 2.69   | 0.007 | .0487374             | .30875    |
| Commerce     | .571487   | .0496421  | 11.51  | 0.000 | .4741903             | .6687837  |
| Transport    | .4406036  | .0615508  | 7.16   | 0.000 | .3199662             | .561241   |
| Finance      | .6589079  | .0677109  | 9.73   | 0.000 | .526197              | .7916188  |
| Immobilier   | .7368536  | .0966663  | 7.62   | 0.000 | .5473912             | .9263161  |
| Sces_Eses    | .4826287  | .0490676  | 9.84   | 0.000 | .3864579             | .5787995  |
| Sce_Partic~s | .7683863  | .0686455  | 11.19  | 0.000 | .6338437             | .9029289  |
| Edu_Santé    | 1.322056  | .747273   | 1.77   | 0.077 | -.1425721            | 2.786684  |
| Administra~n | -4.222417 | 586.5306  | -0.01  | 0.994 | -1153.801            | 1145.356  |
| _cons        | -2.13246  | .0884597  | -24.11 | 0.000 | -2.305838            | -1.959082 |
| /lnsig2u     | -1.393054 | .1710478  |        |       | -1.728301            | -1.057806 |
| sigma_u      | .498313   | .0426177  |        |       | .4214094             | .589251   |
| rho          | .1989207  | .0272567  |        |       | .150805              | .2577289  |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 53.60 Prob >= chibar2 = 0.000  
.mfx

Marginal effects after xtprobit  
y = Linear prediction (predict)  
= -.99474727

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z      | P> z  | [ 95% C.I. ] |          | X       |
|-----------|-----------|-----------|--------|-------|--------------|----------|---------|
| prsta2~n  | .2651868  | .01509    | 17.58  | 0.000 | .235617      | .294757  | 1.80509 |
| prsta2~x  | -.5064899 | .0279     | -18.15 | 0.000 | -.561174     | -.451806 | .611306 |
| prsta2~c  | .3537866  | .01747    | 20.26  | 0.000 | .319555      | .388018  | .77312  |
| prot_s~a* | -.0623684 | .02655    | -2.35  | 0.019 | -.114405     | -.010332 | .251682 |
| prot_f~m* | .5033253  | .02407    | 20.91  | 0.000 | .456152      | .550498  | .372407 |
| taille    | .0223309  | .00784    | 2.85   | 0.004 | .006963      | .037699  | 9.40958 |
| gp*       | .0708028  | .02256    | 3.14   | 0.002 | .02658       | .115025  | .550177 |
| co*       | .0728515  | .03368    | 2.16   | 0.031 | .006845      | .138858  | .213662 |
| Energie*  | .0176582  | .09753    | 0.18   | 0.856 | -.173489     | .208805  | .014332 |
| Interm~s* | -.1097848 | .04549    | -2.41  | 0.016 | -.198946     | -.020624 | .199174 |
| agri_a~m* | .5214527  | .05294    | 9.85   | 0.000 | .417685      | .62522   | .081297 |
| consom~n* | .2880882  | .05213    | 5.53   | 0.000 | .185907      | .39027   | .086992 |
| Automo~e* | -.1947418 | .07553    | -2.58  | 0.010 | -.342785     | -.046698 | .025816 |
| Equipe~t* | -.1197713 | .04989    | -2.40  | 0.016 | -.217562     | -.021981 | .097068 |
| Constr~n* | .1787437  | .06633    | 2.69   | 0.007 | .048737      | .30875   | .043559 |
| Commerce* | .571487   | .04964    | 11.51  | 0.000 | .47419       | .668784  | .138905 |
| Transp~t* | .4406036  | .06155    | 7.16   | 0.000 | .319966      | .561241  | .05013  |
| Finance*  | .6589079  | .06771    | 9.73   | 0.000 | .526197      | .791619  | .028351 |
| Immobi~r* | .7368536  | .09667    | 7.62   | 0.000 | .547391      | .926316  | .010577 |
| Sces_E~s* | .4826287  | .04907    | 9.84   | 0.000 | .386458      | .5788    | .146603 |
| Sce_Pa~s* | .7683863  | .06865    | 11.19  | 0.000 | .633844      | .902929  | .029978 |
| Edu_Sa~é* | 1.322056  | .74727    | 1.77   | 0.077 | -.142572     | 2.78668  | .000125 |
| Admini~n* | -4.222417 | 586.53    | -0.01  | 0.994 | -1153.8      | 1145.36  | .000031 |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

```

. predict statinnmkg,xb
(910 missing values generated)

. xtprobit innpdt innpdt_1 prdynwo2lnrdin prdynwo2lnrdex prdynwo2lnrmac lrdinx_1
lrdexx_1 lrmacx_1 prot_stra prot_form taille gp co Energie Intermediaires agri_alim
consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance Immobilier
Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé Administration innpdt0 m_pform m_pstra m_taille
m_gp m_co,re
note: Transport omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Sce_Particuliers omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -2604.9645
Iteration 1: log likelihood = -1125.0862
Iteration 2: log likelihood = -1101.6154
Iteration 3: log likelihood = -1101.5316
Iteration 4: log likelihood = -1101.5289
Iteration 5: log likelihood = -1101.5288
Iteration 6: log likelihood = -1101.5288
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -1101.5288
rho = 0.1 log likelihood = -1103.755
Iteration 0: log likelihood = -1103.755
Iteration 1: log likelihood = -1101.4469
Iteration 2: log likelihood = -1101.4141
Iteration 3: log likelihood = -1101.4123
Iteration 4: log likelihood = -1101.4123
Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian
Number of obs = 3780
Number of groups = 3202
Obs per group: min = 1
avg = 1.2
max = 2
Wald chi2(28) = 301.76
Prob > chi2 = 0.0000
Log likelihood = -1101.4123

```

| innpdt       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|--------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| innpdt_1     | .8277708  | .1616716  | 5.12  | 0.000 | .5109002 1.144641    |
| prdynwo2ln-n | .7794003  | .0627148  | 12.43 | 0.000 | .6564816 .902319     |
| prdynwo2ln-x | -.4574118 | .0705007  | -6.49 | 0.000 | -.5955906 -.319233   |
| prdynwo2ln-c | .0304576  | .0575029  | 0.53  | 0.596 | -.0822459 .1431612   |
| lrdinx_1     | -.1516721 | .0182937  | -8.29 | 0.000 | -.1875272 -.115817   |
| lrdexx_1     | .0221961  | .021994   | 1.01  | 0.313 | -.0209113 .0653036   |
| lrmacx_1     | .0398887  | .0183942  | 2.17  | 0.030 | .0038367 .0759406    |
| prot_stra    | -.0080335 | .1079638  | -0.07 | 0.941 | -.2196387 .2035718   |
| prot_form    | .1402757  | .1100801  | 1.27  | 0.203 | -.0754774 .3560288   |
| taille       | .1921061  | .1408431  | 1.36  | 0.173 | -.0839412 .4681534   |
| gp           | -.121014  | .1464807  | -0.83 | 0.409 | -.408111 .1660829    |
| co           | .5240498  | .1304666  | 4.02  | 0.000 | .26834 .7797595      |
| Energie      | -.3550772 | .1958991  | -1.81 | 0.070 | -.7390324 .028878    |
| Intermedia-s | .1766453  | .1287687  | 1.37  | 0.170 | -.0757368 .4290274   |
| agri_alim    | .2186478  | .1453436  | 1.50  | 0.132 | -.0662204 .503516    |
| consommation | .138401   | .1413397  | 0.98  | 0.327 | -.1386198 .4154217   |
| Automobile   | .2160116  | .1775454  | 1.22  | 0.224 | -.1319711 .5639943   |
| Equipement   | .1369498  | .1394615  | 0.98  | 0.326 | -.1363897 .4102893   |
| Construction | -6.258175 | 830.1292  | -0.01 | 0.994 | -1633.282 1620.765   |
| Commerce     | -.4365067 | .3107878  | -1.40 | 0.160 | -1.04564 .1726261    |
| Transport    | (omitted) |           |       |       |                      |
| Finance      | .1385497  | .1983635  | 0.70  | 0.485 | -.2502356 .527335    |
| Immobilier   | (omitted) |           |       |       |                      |
| Sces_Eses    | .0316049  | .1980758  | 0.16  | 0.873 | -.3566165 .4198263   |
| Sce_Partic-s | (omitted) |           |       |       |                      |
| Edu_Santé    | (omitted) |           |       |       |                      |
| Administra-n | (omitted) |           |       |       |                      |

|          |           |          |       |       |           |           |
|----------|-----------|----------|-------|-------|-----------|-----------|
| innpdt0  | -.3731422 | .1665713 | -2.24 | 0.025 | -.6996159 | -.0466686 |
| m_pform  | .0628513  | .1481507 | 0.42  | 0.671 | -.2275188 | .3532213  |
| m_pstra  | -.3216505 | .1600572 | -2.01 | 0.044 | -.6353568 | -.0079442 |
| m_taille | -.1518853 | .1437462 | -1.06 | 0.291 | -.4336227 | .1298521  |
| m_gp     | -.0272172 | .177323  | -0.15 | 0.878 | -.3747639 | .3203296  |
| m_co     | -.1923929 | .1671359 | -1.15 | 0.250 | -.5199732 | .1351874  |
| _cons    | -2.390311 | .317816  | -7.52 | 0.000 | -3.013219 | -1.767403 |
| -----    |           |          |       |       |           |           |
| /lnsig2u | -2.738997 | 2.196317 |       |       | -7.0437   | 1.565705  |
| -----    |           |          |       |       |           |           |
| sigma_u  | .2542344  | .2791897 |       |       | .0295447  | 2.187704  |
| rho      | .060711   | .1252455 |       |       | .0008721  | .8271705  |
| -----    |           |          |       |       |           |           |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 0.23 Prob >= chibar2 = 0.315

```
. mfx
Marginal effects after xtprobit
y = Linear prediction (predict)
= -.25686045
```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [        | 95% C.I. | ]       | X |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------|----------|---------|---|
| innpdt_1* | .8277708  | .16167    | 5.12  | 0.000 | .5109    | 1.14464  | .416138 |   |
| ~2lnrdin  | .7794003  | .06271    | 12.43 | 0.000 | .656482  | .902319  | 2.82001 |   |
| ~2lnrdex  | -.4574118 | .0705     | -6.49 | 0.000 | -.595591 | -.319233 | 1.02586 |   |
| prdynw-c  | .0304576  | .0575     | 0.53  | 0.596 | -.082246 | .143161  | 1.20609 |   |
| lrdinx_1  | -.1516721 | .01829    | -8.29 | 0.000 | -.187527 | -.115817 | 2.77746 |   |
| lrdexx_1  | .0221961  | .02199    | 1.01  | 0.313 | -.020911 | .065304  | 1.05012 |   |
| lrmacx_1  | .0398887  | .01839    | 2.17  | 0.030 | .003837  | .075941  | .83821  |   |
| prot_s-a* | -.0080335 | .10796    | -0.07 | 0.941 | -.219639 | .203572  | .369577 |   |
| prot_f-m* | .1402757  | .11008    | 1.27  | 0.203 | -.075477 | .356029  | .510053 |   |
| taille    | .1921061  | .14084    | 1.36  | 0.173 | -.083941 | .468153  | 10.3961 |   |
| gp*       | -.121014  | .14648    | -0.83 | 0.409 | -.408111 | .166083  | .710317 |   |
| co*       | .5240498  | .13047    | 4.02  | 0.000 | .26834   | .77976   | .32037  |   |
| Energie*  | -.3550772 | .1959     | -1.81 | 0.070 | -.739032 | .028878  | .048148 |   |
| Interm-s* | .1766453  | .12877    | 1.37  | 0.170 | -.075737 | .429027  | .310847 |   |
| agri_a-m* | .2186478  | .14534    | 1.50  | 0.132 | -.06622  | .503516  | .133598 |   |
| consom-n* | .138401   | .14134    | 0.98  | 0.327 | -.13862  | .415422  | .151323 |   |
| Automo-e* | .2160116  | .17755    | 1.22  | 0.224 | -.131971 | .563994  | .058466 |   |
| Equipe-t* | .1369498  | .13946    | 0.98  | 0.326 | -.13639  | .410289  | .147354 |   |
| Constr-n* | -6.258175 | 830.13    | -0.01 | 0.994 | -1633.28 | 1620.77  | .000265 |   |
| Commerce* | -.4365067 | .31079    | -1.40 | 0.160 | -1.04564 | .172626  | .016402 |   |
| Finance*  | .1385497  | .19836    | 0.70  | 0.485 | -.250236 | .527335  | .034392 |   |
| Sces_E-s* | .0316049  | .19808    | 0.16  | 0.873 | -.356616 | .419826  | .041799 |   |
| innpdt0*  | -.3731422 | .16657    | -2.24 | 0.025 | -.699616 | -.046669 | .400529 |   |
| m_pform   | .0628513  | .14815    | 0.42  | 0.671 | -.227519 | .353221  | .502249 |   |
| m_pstra   | -.3216505 | .16006    | -2.01 | 0.044 | -.635357 | -.007944 | .342901 |   |
| m_taille  | -.1518853 | .14375    | -1.06 | 0.291 | -.433623 | .129852  | 10.3576 |   |
| m_gp      | -.0272172 | .17732    | -0.15 | 0.878 | -.374764 | .32033   | .664506 |   |
| m_co      | -.1923929 | .16714    | -1.15 | 0.250 | -.519973 | .135187  | .302381 |   |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1  
. predict dyninnpdt,xb  
(29087 missing values generated)

```
. xtprobit innpcd innpcd_1 prdynwo2lnrdin prdynwo2lnrdex prdynwo2lnrmac lrdinx_1
lrdexx_1 lrmacx_1 prot_stra prot_form taille gp co Energie Intermediaires agri_alim
consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance Immobilier
Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé Administration innpcd0 m_pform m_pstra m_taille
m_gp m_co,re
note: Transport omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
```



Fitting comparison model:  
Iteration 0: log likelihood = -2587.196  
Iteration 1: log likelihood = -1463.7373  
Iteration 2: log likelihood = -1452.8578  
Iteration 3: log likelihood = -1452.8362  
Iteration 4: log likelihood = -1452.8334  
Iteration 5: log likelihood = -1452.833  
Iteration 6: log likelihood = -1452.833  
Iteration 7: log likelihood = -1452.8329  
Fitting full model:  
rho = 0.0 log likelihood = -1452.8329  
rho = 0.1 log likelihood = -1454.8405  
Iteration 0: log likelihood = -1454.8405  
Iteration 1: log likelihood = -1452.6759  
Iteration 2: log likelihood = -1452.6654  
Iteration 3: log likelihood = -1452.6652  
Iteration 4: log likelihood = -1452.6652

Random-effects probit regression  
Group variable: siren  
Random effects u\_i ~ Gaussian  
Number of obs = 3780  
Number of groups = 3202  
Obs per group: min = 1  
                  avg = 1.2  
                  max = 2  
Wald chi2(28) = 319.41  
Prob > chi2 = 0.0000  
Log likelihood = -1452.6652

| innpcd       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| innpcd_1     | .3169366  | .1471829  | 2.15  | 0.031 | .0284635             | .6054097  |
| prdynwo2ln~n | .2638478  | .0384487  | 6.86  | 0.000 | .1884898             | .3392059  |
| prdynwo2ln~x | -.136149  | .0593709  | -2.29 | 0.022 | -.2525138            | -.0197842 |
| prdynwo2ln~c | .8615189  | .0823328  | 10.46 | 0.000 | .7001496             | 1.022888  |
| lrindx_1     | -.0692787 | .0156876  | -4.42 | 0.000 | -.1000257            | -.0385316 |
| lrdexx_1     | -.0251242 | .0192121  | -1.31 | 0.191 | -.0627791            | .0125307  |
| lrmacx_1     | -.0867944 | .016918   | -5.13 | 0.000 | -.1199531            | -.0536357 |
| prot_stra    | .0050477  | .0975053  | 0.05  | 0.959 | -.1860592            | .1961546  |
| prot_form    | -.075084  | .1032953  | -0.73 | 0.467 | -.2775391            | .1273711  |
| taille       | -.0967251 | .1240036  | -0.78 | 0.435 | -.3397677            | .1463175  |
| gp           | .298198   | .1339812  | 2.23  | 0.026 | .0355996             | .5607963  |
| co           | .0135384  | .109275   | 0.12  | 0.901 | -.2006366            | .2277134  |
| Energie      | .0761075  | .1719765  | 0.44  | 0.658 | -.2609603            | .4131752  |
| Intermedia~s | .2026952  | .111328   | 1.82  | 0.069 | -.0155037            | .4208942  |
| agri_alim    | .2237443  | .1299874  | 1.72  | 0.085 | -.0310262            | .4785149  |
| consommation | .1531034  | .1251849  | 1.22  | 0.221 | -.0922545            | .3984613  |
| Automobile   | -.0616064 | .15709    | -0.39 | 0.695 | -.3694971            | .2462843  |
| Equipement   | -.0289754 | .11828    | -0.24 | 0.806 | -.2608               | .2028492  |
| Construction | 3.790472  | 712.2628  | 0.01  | 0.996 | -1392.219            | 1399.8    |
| Commerce     | .421222   | .2609545  | 1.61  | 0.106 | -.0902394            | .9326835  |
| Transport    | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Finance      | .1642146  | .1866493  | 0.88  | 0.379 | -.2016113            | .5300404  |
| Immobilier   | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Sces_Eses    | .0713833  | .1705365  | 0.42  | 0.676 | -.262862             | .4056286  |
| Sce_Partic~s | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Edu_Santé    | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Administra~n | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| innpcd0      | .2275512  | .1608941  | 1.41  | 0.157 | -.0877955            | .5428978  |
| m_pform      | -.1688692 | .1362467  | -1.24 | 0.215 | -.4359078            | .0981695  |
| m_pstra      | -.1301506 | .1398857  | -0.93 | 0.352 | -.4043215            | .1440203  |
| m_taille     | .1073724  | .1272117  | 0.84  | 0.399 | -.1419579            | .3567027  |
| m_gp         | -.2825518 | .1609615  | -1.76 | 0.079 | -.5980306            | .032927   |
| m_co         | -.1679429 | .1470486  | -1.14 | 0.253 | -.4561528            | .120267   |
| _cons        | -1.922466 | .2852095  | -6.74 | 0.000 | -2.481467            | -1.363466 |
| /lnsig2u     | -2.50022  | 1.860415  |       |       | -6.146567            | 1.146128  |
| sigma_u      | .2864734  | .2664797  |       |       | .046269              | 1.773693  |

```

rho | .0758428 .1303977 .0021362 .7588029
-----
Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 0.34 Prob >= chibar2 = 0.281

```

```

. mfx
Marginal effects after xtprobit
y = Linear prediction (predict)
= -.3343063

```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [        | 95% C.I. | ]       | X |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------|----------|---------|---|
| innpcd_1* | .3169366  | .14718    | 2.15  | 0.031 | .028463  | .60541   | .365608 |   |
| ~2lnrdin  | .2638478  | .03845    | 6.86  | 0.000 | .18849   | .339206  | 2.82001 |   |
| ~2lnrdex  | -.136149  | .05937    | -2.29 | 0.022 | -.252514 | -.019784 | 1.02586 |   |
| prdynw~c  | .8615189  | .08233    | 10.46 | 0.000 | .70015   | 1.02289  | 1.20609 |   |
| lrdinx_1  | -.0692787 | .01569    | -4.42 | 0.000 | -.100026 | -.038532 | 2.77746 |   |
| lrdexx_1  | -.0251242 | .01921    | -1.31 | 0.191 | -.062779 | .012531  | 1.05012 |   |
| lrmacx_1  | -.0867944 | .01692    | -5.13 | 0.000 | -.119953 | -.053636 | .83821  |   |
| prot_s~a* | .0050477  | .09751    | 0.05  | 0.959 | -.186059 | .196155  | .369577 |   |
| prot_f~m* | -.075084  | .1033     | -0.73 | 0.467 | -.277539 | .127371  | .510053 |   |
| taille    | -.0967251 | .124      | -0.78 | 0.435 | -.339768 | .146318  | 10.3961 |   |
| gp*       | .298198   | .13398    | 2.23  | 0.026 | .0356    | .560796  | .710317 |   |
| co*       | .0135384  | .10927    | 0.12  | 0.901 | -.200637 | .227713  | .32037  |   |
| Energie*  | .0761075  | .17198    | 0.44  | 0.658 | -.26096  | .413175  | .048148 |   |
| Interm~s* | .2026952  | .11133    | 1.82  | 0.069 | -.015504 | .420894  | .310847 |   |
| agri_a~m* | .2237443  | .12999    | 1.72  | 0.085 | -.031026 | .478515  | .133598 |   |
| consom~n* | .1531034  | .12518    | 1.22  | 0.221 | -.092254 | .398461  | .151323 |   |
| Automo~e* | -.0616064 | .15709    | -0.39 | 0.695 | -.369497 | .246284  | .058466 |   |
| Equipe~t* | -.0289754 | .11828    | -0.24 | 0.806 | -.2608   | .202849  | .147354 |   |
| Constr~n* | 3.790472  | 712.26    | 0.01  | 0.996 | -1392.22 | 1399.8   | .000265 |   |
| Commerce* | .421222   | .26095    | 1.61  | 0.106 | -.090239 | .932684  | .016402 |   |
| Finance*  | .1642146  | .18665    | 0.88  | 0.379 | -.201611 | .53004   | .034392 |   |
| Sces_E~s* | .0713833  | .17054    | 0.42  | 0.676 | -.262862 | .405629  | .041799 |   |
| innpcd0*  | .2275512  | .16089    | 1.41  | 0.157 | -.087796 | .542898  | .32381  |   |
| m_pform   | -.1688692 | .13625    | -1.24 | 0.215 | -.435908 | .098169  | .502249 |   |
| m_pstra   | -.1301506 | .13989    | -0.93 | 0.352 | -.404321 | .14402   | .342901 |   |
| m_taille  | .1073724  | .12721    | 0.84  | 0.399 | -.141958 | .356703  | 10.3576 |   |
| m_gp      | -.2825518 | .16096    | -1.76 | 0.079 | -.598031 | .032927  | .664506 |   |
| m_co      | -.1679429 | .14705    | -1.14 | 0.253 | -.456153 | .120267  | .302381 |   |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

```

. predict dyninnpcd,xb
(29087 missing values generated)

```

```

. xtprobit innorg innorg_1 prdynwo2lnrdin prdynwo2lnrdex prdynwo2lnrmac lrdinx_1
lrdexx_1 lrmacx_1 prot_stra prot_form taille gp co Energie Intermediaires agri_alim
consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance Immobilier
Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé Administration innpcd0 m_pform m_pstra m_taille
m_gp m_co,re

```

```

note: Transport omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Sce_Particuliers omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity

```

```

Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -2603.4958
Iteration 1: log likelihood = -2162.0947
Iteration 2: log likelihood = -2160.6765
Iteration 3: log likelihood = -2160.6588
Iteration 4: log likelihood = -2160.6571
Iteration 5: log likelihood = -2160.6568
Iteration 6: log likelihood = -2160.6568
Iteration 7: log likelihood = -2160.6567

```

Fitting comparison model:

Iteration 0: log likelihood = -2603.4958  
 Iteration 1: log likelihood = -2162.0947  
 Iteration 2: log likelihood = -2160.6765  
 Iteration 3: log likelihood = -2160.6588  
 Iteration 4: log likelihood = -2160.6571  
 Iteration 5: log likelihood = -2160.6568  
 Iteration 6: log likelihood = -2160.6568  
 Iteration 7: log likelihood = -2160.6567

Fitting full model:

rho = 0.0 log likelihood = -2160.6567  
 rho = 0.1 log likelihood = -2163.1878  
 Iteration 0: log likelihood = -2163.1878  
 Iteration 1: log likelihood = -2161.397  
 Iteration 2: log likelihood = -2160.9043  
 Iteration 3: log likelihood = -2160.7238  
 Iteration 4: log likelihood = -2160.6741  
 Iteration 5: log likelihood = -2160.6606  
 Iteration 6: log likelihood = -2160.6576  
 Iteration 7: log likelihood = -2160.6569  
 Iteration 8: log likelihood = -2160.6569  
 Iteration 9: log likelihood = -2160.6569  
 Iteration 10: log likelihood = -2160.6569

Random-effects probit regression  
 Group variable: siren  
 Random effects u\_i ~ Gaussian

Number of obs = 3780  
 Number of groups = 3202  
 Obs per group: min = 1  
 avg = 1.2  
 max = 2  
 Wald chi2(28) = 776.53  
 Prob > chi2 = 0.0000

Log likelihood = -2160.6569

| innorg       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|--------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| innorg_1     | .27051    | .0505181  | 5.35  | 0.000 | .1714963 .3695237    |
| prdynwo2ln~n | .0995849  | .0302189  | 3.30  | 0.001 | .0403568 .1588129    |
| prdynwo2ln~x | -.0763933 | .0499945  | -1.53 | 0.127 | -.1743808 .0215941   |
| prdynwo2ln~c | .2768659  | .0462329  | 5.99  | 0.000 | .186251 .3674808     |
| lrdinx_1     | -.023795  | .0128863  | -1.85 | 0.065 | -.0490516 .0014616   |
| lrdexx_1     | .0056318  | .0164863  | 0.34  | 0.733 | -.0266808 .0379444   |
| lrmaxc_1     | .0020128  | .0139215  | 0.14  | 0.885 | -.0252729 .0292984   |
| prot_stra    | .0695864  | .0820724  | 0.85  | 0.397 | -.0912725 .2304453   |
| prot_form    | .2091467  | .0828019  | 2.53  | 0.012 | .046858 .3714354     |
| taille       | .2915495  | .1015103  | 2.87  | 0.004 | .092593 .490506      |
| gp           | -.00327   | .1019305  | -0.03 | 0.974 | -.2030501 .1965102   |
| co           | .0727898  | .0991435  | 0.73  | 0.463 | -.1215279 .2671075   |
| Energie      | .13841    | .1313069  | 1.05  | 0.292 | -.1189469 .3957669   |
| Intermedia~s | -.0631059 | .0863252  | -0.73 | 0.465 | -.2323002 .1060884   |
| agri_alim    | -.1127828 | .0998898  | -1.13 | 0.259 | -.3085632 .0829976   |
| consommation | .0269904  | .0964188  | 0.28  | 0.780 | -.161987 .2159678    |
| Automobile   | .0191517  | .1217051  | 0.16  | 0.875 | -.219386 .2576894    |
| Equipement   | .0522737  | .0941291  | 0.56  | 0.579 | -.132216 .2367635    |
| Construction | 5.332592  | 22530.24  | 0.00  | 1.000 | -44153.13 44163.79   |
| Commerce     | -.005632  | .1942989  | -0.03 | 0.977 | -.3864508 .3751868   |
| Transport    | (omitted) |           |       |       |                      |
| Finance      | -.0053878 | .1528822  | -0.04 | 0.972 | -.3050313 .2942557   |
| Immobilier   | (omitted) |           |       |       |                      |
| Sces_Eses    | -.0579492 | .1366968  | -0.42 | 0.672 | -.3258699 .2099716   |
| Sce_Partic~s | (omitted) |           |       |       |                      |
| Edu_Santé    | (omitted) |           |       |       |                      |
| Administra~n | (omitted) |           |       |       |                      |
| innpcd0      | .1704166  | .0592512  | 2.88  | 0.004 | .0542865 .2865467    |
| m_pform      | -.2006892 | .109219   | -1.84 | 0.066 | -.4147546 .0133762   |
| m_pstra      | .1566372  | .1163111  | 1.35  | 0.178 | -.0713284 .3846028   |
| m_taille     | -.271727  | .1040041  | -2.61 | 0.009 | -.4755713 -.0678827  |
| m_gp         | .0587433  | .124771   | 0.47  | 0.638 | -.1858034 .3032899   |

|          |  |           |          |       |       |           |           |
|----------|--|-----------|----------|-------|-------|-----------|-----------|
| m_co     |  | .0324106  | .1274553 | 0.25  | 0.799 | -.2173972 | .2822183  |
| _cons    |  | -.8564228 | .1946953 | -4.40 | 0.000 | -1.238018 | -.4748271 |
| -----    |  |           |          |       |       |           |           |
| /lnsig2u |  | -11.12055 | 14.92683 |       |       | -40.37659 | 18.1355   |
| -----    |  |           |          |       |       |           |           |
| sigma_u  |  | .0038477  | .0287172 |       |       | 1.71e-09  | 8671.075  |
| rho      |  | .0000148  | .000221  |       |       | 2.92e-18  | 1         |
| -----    |  |           |          |       |       |           |           |

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 2.4e-04 Prob >= chibar2 = 0.494

```
. mfx
Marginal effects after xtprobit
y = Linear prediction (predict)
= .15372617
```

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [        | 95% C.I. | ]       | X |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------|----------|---------|---|
| innorg_1* | .27051    | .05052    | 5.35  | 0.000 | .171496  | .369524  | .450265 |   |
| ~2lnrdin  | .0995849  | .03022    | 3.30  | 0.001 | .040357  | .158813  | 2.82001 |   |
| ~2lnrdex  | -.0763933 | .04999    | -1.53 | 0.127 | -.174381 | .021594  | 1.02586 |   |
| prdynw~c  | .2768659  | .04623    | 5.99  | 0.000 | .186251  | .367481  | 1.20609 |   |
| lrdinx_1  | -.023795  | .01289    | -1.85 | 0.065 | -.049052 | .001462  | 2.77746 |   |
| lrdexx_1  | .0056318  | .01649    | 0.34  | 0.733 | -.026681 | .037944  | 1.05012 |   |
| lrmacx_1  | .0020128  | .01392    | 0.14  | 0.885 | -.025273 | .029298  | .83821  |   |
| prot_s~a* | .0695864  | .08207    | 0.85  | 0.397 | -.091273 | .230445  | .369577 |   |
| prot_f~m* | .2091467  | .0828     | 2.53  | 0.012 | .046858  | .371435  | .510053 |   |
| taille    | .2915495  | .10151    | 2.87  | 0.004 | .092593  | .490506  | 10.3961 |   |
| gp*       | -.00327   | .10193    | -0.03 | 0.974 | -.20305  | .19651   | .710317 |   |
| co*       | .0727898  | .09914    | 0.73  | 0.463 | -.121528 | .267108  | .32037  |   |
| Energie*  | .13841    | .13131    | 1.05  | 0.292 | -.118947 | .395767  | .048148 |   |
| Interm~s* | -.0631059 | .08633    | -0.73 | 0.465 | -.2323   | .106088  | .310847 |   |
| agri_a~m* | -.1127828 | .09989    | -1.13 | 0.259 | -.308563 | .082998  | .133598 |   |
| consom~n* | .0269904  | .09642    | 0.28  | 0.780 | -.161987 | .215968  | .151323 |   |
| Automo~e* | .0191517  | .12171    | 0.16  | 0.875 | -.219386 | .257689  | .058466 |   |
| Equipe~t* | .0522737  | .09413    | 0.56  | 0.579 | -.132216 | .236763  | .147354 |   |
| Constr~n* | 5.332592  | 22530     | 0.00  | 1.000 | -44153.1 | 44163.8  | .000265 |   |
| Commerce* | -.005632  | .1943     | -0.03 | 0.977 | -.386451 | .375187  | .016402 |   |
| Finance*  | -.0053878 | .15288    | -0.04 | 0.972 | -.305031 | .294256  | .034392 |   |
| Sces_E~s* | -.0579492 | .1367     | -0.42 | 0.672 | -.32587  | .209972  | .041799 |   |
| innpcd0*  | .1704166  | .05925    | 2.88  | 0.004 | .054286  | .286547  | .32381  |   |
| m_pForm   | -.2006892 | .10922    | -1.84 | 0.066 | -.414755 | .013376  | .502249 |   |
| m_pstra   | .1566372  | .11631    | 1.35  | 0.178 | -.071328 | .384603  | .342901 |   |
| m_taille  | -.271727  | .104      | -2.61 | 0.009 | -.475571 | -.067883 | 10.3576 |   |
| m_gp      | .0587433  | .12477    | 0.47  | 0.638 | -.185803 | .30329   | .664506 |   |
| m_co      | .0324106  | .12746    | 0.25  | 0.799 | -.217397 | .282218  | .302381 |   |

```
(*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1
. predict dyninnorg,xb
(29087 missing values generated)
```

```
. xtprobit innmkg innmkg_1 prdynwo2lnrdin prdynwo2lnrdex prdynwo2lnrmac lrdinx_1
lrdexx_1 lrmacx_1 prot_stra prot_form taille gp co Energie Intermediaires agri_alim
consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance Immobilier
Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé Administration innmkg0 m_pform m_pstra m_taille m_gp
m_co,re
```

```
note: Transport omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Sce_Particuliers omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity
```

```
Fitting comparison model:
Iteration 0: log likelihood = -2418.3078
Iteration 1: log likelihood = -1960.946
Iteration 2: log likelihood = -1957.9484
Iteration 3: log likelihood = -1957.9336
Iteration 4: log likelihood = -1957.9312
```

```

Iteration 5: log likelihood = -1957.9307
Iteration 6: log likelihood = -1957.9306
Iteration 7: log likelihood = -1957.9306
Fitting full model:
rho = 0.0 log likelihood = -1957.9306
rho = 0.1 log likelihood = -1960.7315
Iteration 0: log likelihood = -1960.7315
Iteration 1: log likelihood = -1958.7449
Iteration 2: log likelihood = -1958.2971
Iteration 3: log likelihood = -1958.04
Iteration 4: log likelihood = -1957.9572
Iteration 5: log likelihood = -1957.9371
Iteration 6: log likelihood = -1957.9319
Iteration 7: log likelihood = -1957.9308
Iteration 8: log likelihood = -1957.9308
Iteration 9: log likelihood = -1957.9308
Iteration 10: log likelihood = -1957.9308

```

```

Random-effects probit regression
Group variable: siren
Random effects u_i ~ Gaussian

```

```

Number of obs = 3780
Number of groups = 3202
Obs per group: min = 1
                avg = 1.2
                max = 2
Wald chi2(28) = 771.61
Prob > chi2 = 0.0000

```

```
Log likelihood = -1957.9308
```

| innmkg       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|--------------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|-----------|
| innmkg_1     | .6850401  | .1058319  | 6.47  | 0.000 | .4776134             | .8924667  |
| prdynwo2ln~n | .1306838  | .0300078  | 4.34  | 0.000 | .071732              | .1896356  |
| prdynwo2ln~x | -.1755623 | .0472869  | -3.71 | 0.000 | -.2682428            | -.0828818 |
| prdynwo2ln~c | .1407326  | .0454027  | 3.10  | 0.002 | .051745              | .2297203  |
| lrdinx_1     | -.0344832 | .0130422  | -2.64 | 0.008 | -.0600455            | -.0089209 |
| lrdexx_1     | .0175937  | .0157963  | 1.11  | 0.265 | -.0133664            | .0485538  |
| lrmacx_1     | -.0217589 | .0130786  | -1.66 | 0.096 | -.0473925            | .0038747  |
| prot_stra    | .0334265  | .083949   | 0.40  | 0.691 | -.1311106            | .1979636  |
| prot_form    | .2980783  | .0851894  | 3.50  | 0.000 | .1311102             | .4650464  |
| taille       | .142717   | .1033906  | 1.38  | 0.167 | -.0599249            | .3453589  |
| gp           | -.1763726 | .1094095  | -1.61 | 0.107 | -.3908114            | .0380661  |
| co           | .2783443  | .0962855  | 2.89  | 0.004 | .0896282             | .4670604  |
| Energie      | -.5444282 | .1468921  | -3.71 | 0.000 | -.8323315            | -.256525  |
| Intermedia~s | -.3751365 | .0907065  | -4.14 | 0.000 | -.552918             | -.197355  |
| agri_alim    | -.0371568 | .1035802  | -0.36 | 0.720 | -.2401701            | .1658566  |
| consommation | -.0632955 | .099877   | -0.63 | 0.526 | -.2590508            | .1324598  |
| Automobile   | -.5112317 | .129211   | -3.96 | 0.000 | -.7644806            | -.2579827 |
| Equipement   | -.3761269 | .099446   | -3.78 | 0.000 | -.5710376            | -.1812163 |
| Construction | -7.319846 | 19940.08  | -0.00 | 1.000 | -39089.15            | 39074.51  |
| Commerce     | -.0385051 | .2054584  | -0.19 | 0.851 | -.4411961            | .364186   |
| Transport    | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Finance      | .5388852  | .1529549  | 3.52  | 0.000 | .2390991             | .8386714  |
| Immobilier   | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Sces_Eses    | -.0641595 | .141007   | -0.46 | 0.649 | -.3405281            | .2122091  |
| Sce_Partic~s | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Edu_Santé    | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| Administra~n | (omitted) |           |       |       |                      |           |
| innmkg0      | .0076539  | .1147717  | 0.07  | 0.947 | -.2172944            | .2326022  |
| m_pform      | .3508886  | .1134086  | 3.09  | 0.002 | .1286118             | .5731655  |
| m_pstra      | -.0661217 | .1174152  | -0.56 | 0.573 | -.2962511            | .1640078  |
| m_taille     | -.0526414 | .1056701  | -0.50 | 0.618 | -.2597509            | .1544681  |
| m_gp         | .0191457  | .1331056  | 0.14  | 0.886 | -.2417365            | .2800279  |
| m_co         | -.1176751 | .1245393  | -0.94 | 0.345 | -.3617677            | .1264174  |
| _cons        | -1.86941  | .2097459  | -8.91 | 0.000 | -2.280505            | -1.458316 |

```

/lnsig2u | -11.17748 13.86736 -38.357 16.00204
-----+-----
sigma_u | .0037397 .0259302 4.69e-09 2984.006
rho | .000014 .0001939 2.20e-17 .9999999
-----+-----

```

Likelihood-ratio test of rho=0: chibar2(01) = 2.7e-04 Prob >= chibar2 = 0.493

. mfx

Marginal effects after xtprobit  
y = Linear prediction (predict)  
= -.50945937

| variable  | dy/dx     | Std. Err. | z     | P> z  | [        | 95% C.I. | ]       | X |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------|----------|---------|---|
| innmkg_1* | .6850401  | .10583    | 6.47  | 0.000 | .477613  | .892467  | .187037 |   |
| ~2lnrdin  | .1306838  | .03008    | 4.34  | 0.000 | .071732  | .189636  | 2.82001 |   |
| ~2lnrdex  | -.1755623 | .04729    | -3.71 | 0.000 | -.268243 | -.082882 | 1.02586 |   |
| prdynw~c  | .1407326  | .0454     | 3.10  | 0.002 | .051745  | .22972   | 1.20609 |   |
| lrdinx_1  | -.0344832 | .01304    | -2.64 | 0.008 | -.060046 | -.008921 | 2.77746 |   |
| lrdexx_1  | .0175937  | .0158     | 1.11  | 0.265 | -.013366 | .048554  | 1.05012 |   |
| lrmacx_1  | -.0217589 | .01308    | -1.66 | 0.096 | -.047393 | .003875  | .83821  |   |
| prot_s~a* | .0334265  | .08395    | 0.40  | 0.691 | -.131111 | .197964  | .369577 |   |
| prot_f~m* | .2980783  | .08519    | 3.50  | 0.000 | .131111  | .465046  | .510053 |   |
| taille    | .142717   | .10339    | 1.38  | 0.167 | -.059925 | .345359  | 10.3961 |   |
| gp*       | -.1763726 | .10941    | -1.61 | 0.107 | -.390811 | .038066  | .710317 |   |
| co*       | .2783443  | .09629    | 2.89  | 0.004 | .089628  | .46706   | .32037  |   |
| Energie*  | -.5444282 | .14689    | -3.71 | 0.000 | -.832331 | -.256525 | .048148 |   |
| Interm~s* | -.3751365 | .09071    | -4.14 | 0.000 | -.552918 | -.197355 | .310847 |   |
| agri_a~m* | -.0371568 | .10358    | -0.36 | 0.720 | -.24017  | .165857  | .133598 |   |
| consom~n* | -.0632955 | .09988    | -0.63 | 0.526 | -.259051 | .13246   | .151323 |   |
| Automo~e* | -.5112317 | .12921    | -3.96 | 0.000 | -.764481 | -.257983 | .058466 |   |
| Equipe~t* | -.3761269 | .09945    | -3.78 | 0.000 | -.571038 | -.181216 | .147354 |   |
| Constr~n* | -7.319846 | 19940     | -0.00 | 1.000 | -39089.2 | 39074.5  | .000265 |   |
| Commerce* | -.0385051 | .20546    | -0.19 | 0.851 | -.441196 | .364186  | .016402 |   |
| Finance*  | .5388852  | .15295    | 3.52  | 0.000 | .239099  | .838671  | .034392 |   |
| Sces_E~s* | -.0641595 | .14101    | -0.46 | 0.649 | -.340528 | .212209  | .041799 |   |
| innmkg0*  | .0076539  | .11477    | 0.07  | 0.947 | -.217294 | .232602  | .151058 |   |
| m_pForm   | .3508886  | .11341    | 3.09  | 0.002 | .128612  | .573165  | .502249 |   |
| m_pstra   | -.0661217 | .11742    | -0.56 | 0.573 | -.296251 | .164008  | .342901 |   |
| m_taille  | -.0526414 | .10567    | -0.50 | 0.618 | -.259751 | .154468  | 10.3576 |   |
| m_gp      | .0191457  | .13311    | 0.14  | 0.886 | -.241736 | .280028  | .664506 |   |
| m_co      | -.1176751 | .12454    | -0.94 | 0.345 | -.361768 | .126417  | .302381 |   |

(\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1

. predict dyninnmkg,xb  
(29087 missing values generated)

## C.5 Estimation des équations de la productivité

```

.xtreg prod dyninnpdt dyninnpcd dyninnmkg dyninnorg innpdt_1 innpcd_1 innorg_1
innmkg_1 taille Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile
Equipement Construction Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses
Sce_Particuliers Edu_Santé Administration,re
note: Transport omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Sce_Particuliers omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity
Random-effects GLS regression      Number of obs      =      3780
Group variable: siren              Number of groups   =      3202
R-sq:  within = 0.3620              Obs per group: min =         1
      between = 0.4175              avg =                 1.2
      overall = 0.4155              max =                 2

```

corr(u\_i, X) = 0 (assumed) Wald chi2(19) = 2572.73  
 Prob > chi2 = 0.0000

| prod            | Coef.     | Std. Err.                         | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|-----------------|-----------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|-----------|
| dyninnpdt       | -.0120731 | .0139228                          | -0.87 | 0.386 | -.0393613            | .0152152  |
| dyninnpcd       | -.0368871 | .0169239                          | -2.18 | 0.029 | -.0700573            | -.0037168 |
| dyninnmkg       | -.0368628 | .0378784                          | -0.97 | 0.330 | -.1111103            | .0373775  |
| dyninnorg       | .1119344  | .0458906                          | 2.44  | 0.015 | .0219905             | .2018783  |
| innpdt_1        | -.0316713 | .0174447                          | -1.82 | 0.069 | -.0658622            | .0025197  |
| innpcd_1        | .0037231  | .0136189                          | 0.27  | 0.785 | -.0229694            | .0304157  |
| innorg_1        | -.058207  | .0174112                          | -3.34 | 0.001 | -.0923324            | -.0240816 |
| innmkg_1        | .1079324  | .0290268                          | 3.72  | 0.000 | .051041              | .1648238  |
| taille          | .3237512  | .0084414                          | 38.35 | 0.000 | .3072063             | .3402961  |
| Energie         | .1733271  | .0720172                          | 2.41  | 0.016 | .032176              | .3144783  |
| Intermediaires  | -.2392526 | .0452413                          | -5.29 | 0.000 | -.3279239            | -.1505812 |
| agri_alim       | .1017161  | .0505549                          | 2.01  | 0.044 | .0026303             | .2008019  |
| consommation    | -.1931708 | .0459369                          | -4.21 | 0.000 | -.2832055            | -.103136  |
| Automobile      | -.0618017 | .0630008                          | -0.98 | 0.327 | -.1852809            | .0616776  |
| Equipement      | -.2715298 | .0489988                          | -5.54 | 0.000 | -.3675657            | -.1754938 |
| Construction    | -1.169612 | .7591987                          | -1.54 | 0.123 | -2.657614            | .3183904  |
| Commerce        | .3972577  | .0907269                          | 4.38  | 0.000 | .2194361             | .5750792  |
| Transport       | (omitted) |                                   |       |       |                      |           |
| Finance         | -.4498695 | .0721119                          | -6.24 | 0.000 | -.5912061            | -.3085328 |
| Immobilier      | (omitted) |                                   |       |       |                      |           |
| Sces_Eses       | -.4227833 | .0642696                          | -6.58 | 0.000 | -.5487494            | -.2968172 |
| Sce_Particulars | (omitted) |                                   |       |       |                      |           |
| Edu_Santé       | (omitted) |                                   |       |       |                      |           |
| Administration  | (omitted) |                                   |       |       |                      |           |
| _cons           | 2.017546  | .0929982                          | 21.69 | 0.000 | 1.835273             | 2.199819  |
| sigma_u         | .61838691 |                                   |       |       |                      |           |
| sigma_e         | .13684767 |                                   |       |       |                      |           |
| rho             | .95331363 | (fraction of variance due to u_i) |       |       |                      |           |

. xtreg prod statinnpdt statinnpcd statinnorg statinnmkg taille Energie Intermediaires  
 agri\_alim consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance  
 Immobilier Sces\_Eses Sce\_Particuliers Edu\_Santé Administration, re

Random-effects GLS regression Number of obs = 31957  
 Group variable: siren Number of groups = 26797  
 R-sq: within = 0.2812 Obs per group: min = 1  
 between = 0.4552 avg = 1.2  
 overall = 0.4474 max = 3

corr(u\_i, X) = 0 (assumed) Wald chi2(20) = 23958.76  
 Prob > chi2 = 0.0000

| prod           | Coef.     | Std. Err. | z      | P> z  | [95% Conf. Interval] |           |
|----------------|-----------|-----------|--------|-------|----------------------|-----------|
| statinnpdt     | -.0314654 | .0092269  | -3.41  | 0.001 | -.0495498            | -.0133809 |
| statinnpcd     | .0423864  | .0086739  | 4.89   | 0.000 | .0253859             | .0593868  |
| statinnorg     | -.1481246 | .0287805  | -5.15  | 0.000 | -.2045333            | -.0917159 |
| statinnmkg     | .1230985  | .0173908  | 7.08   | 0.000 | .0890131             | .1571839  |
| taille         | .3481683  | .0029908  | 116.41 | 0.000 | .3423065             | .3540302  |
| Energie        | .3151548  | .044626   | 7.06   | 0.000 | .2276894             | .4026202  |
| Intermediaires | -.1082182 | .0182002  | -5.95  | 0.000 | -.14389              | -.0725464 |
| agri_alim      | .0621407  | .0253447  | 2.45   | 0.014 | .0124661             | .1118154  |
| consommation   | -.1768117 | .0231197  | -7.65  | 0.000 | -.2221256            | -.1314979 |
| Automobile     | -.0406006 | .0343163  | -1.18  | 0.237 | -.1078594            | .0266581  |
| Equipement     | -.0719316 | .0206068  | -3.49  | 0.000 | -.1123202            | -.031543  |
| Construction   | -.1185917 | .0300685  | -3.94  | 0.000 | -.1775249            | -.0596586 |
| Commerce       | .2806332  | .0237504  | 11.82  | 0.000 | .2340832             | .3271831  |
| Transport      | -.3017754 | .027293   | -11.06 | 0.000 | -.3552687            | -.2482821 |

```

      Finance | -.208165   .0334645   -6.22   0.000   -.2737542   -.1425757
      Immobilier | .0233417   .0474648    0.49   0.623   -.0696875   .1163709
      Sces_Eses | -.4992871   .0213849  -23.35   0.000   -.5412008   -.4573734
      Sce_Partics | -.3750585   .0325864  -11.51   0.000   -.4389267   -.3111902
      Edu_Santé | -.6310572   .3768782   -1.67   0.094   -1.369725   .1076104
      Administra-n | .3851293   .7860462    0.49   0.624   -1.155493   1.925751
      _cons | 1.923099   .0377893   50.89   0.000   1.849033   1.997164

```

```

-----
      sigma_u | .69629743
      sigma_e | .26379732
      rho | .874483   (fraction of variance due to u_i)
-----

```

```
. estimates store statre
```

```
. xtreg prod   statinnpdt statinnpd statinnorg statinnmkg taille Energie Intermediaires
agri_alim consommation Automobile Equipement Construction Commerce Transport Finance
Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé Administration,fe
```

```

note: Transport omitted because of collinearity
note: Finance omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity

```

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   31957
Group variable: siren                  Number of groups =   26797
R-sq:  within = 0.3403                  Obs per group:  min =    1
      between = 0.3572                      avg   =    1.2
      overall  = 0.3573                      max   =    3
                                          F(15,5145)     =   176.97
corr(u_i, Xb) = -0.4624                  Prob > F       =    0.0000

```

```

-----
      prod |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-----+-----
      statinnpdt | -.0528484   .0114477    -4.62  0.000   -.0752907   -.0304061
      statinnpd  | .0481905   .0115817    4.16  0.000   .0254854   .0708957
      statinnorg | -.0163497   .0364743   -0.45  0.654   -.0878549   .0551555
      statinnmkg | .0529096   .0228932    2.31  0.021   .0080293   .0977899
      taille    | .5565469   .0112651   49.40  0.000   .5344626   .5786313
      Energie   | -.0171053   .0832707   -0.21  0.837   -.1803513   .1461406
      Intermedia-s | .0099258   .0390213    0.25  0.799   -.0665726   .0864242
      agri_alim | -.0223571   .0842324   -0.27  0.791   -.1874885   .1427743
      consommation | -.0984692   .0652388   -1.51  0.131   -.2263649   .0294265
      Automobile | .0855033   .08974     0.95  0.341   -.0904253   .261432
      Equipement | .0340588   .0433393    0.79  0.432   -.0509048   .1190223
      Construction | .816213    .3794344    2.15  0.032   .0723602   1.560066
      Commerce   | -.0421952   .0563018   -0.75  0.454   -.1525706   .0681801
      Transport  | (omitted)
      Finance    | (omitted)
      Immobilier | (omitted)
      Sces_Eses  | .0444063   .0589085    0.75  0.451   -.0710795   .1598921
      Sce_Partics | -.4155161   .3826087   -1.09  0.278   -1.165592   .3345595
      Edu_Santé  | (omitted)
      Administra-n | (omitted)
      _cons     | -.2523052   .1140767   -2.21  0.027   -.4759441   -.0286663

```

```

-----
      sigma_u | .8820882
      sigma_e | .26379732
      rho | .91790539   (fraction of variance due to u_i)
-----

```

```
F test that all u_i=0:      F(26796, 5145) =      8.86      Prob > F = 0.0000
```



```
. estimates store statfe
. hausman statfe statre
```

|                  | ---- Coefficients ---- |               |                     |                             |
|------------------|------------------------|---------------|---------------------|-----------------------------|
|                  | (b)<br>statfe          | (B)<br>statre | (b-B)<br>Difference | sqrt(diag(V_b-V_B))<br>S.E. |
| statinnpdt       | -.0528484              | -.0314654     | -.021383            | .0067759                    |
| statinnpcd       | .0481905               | .0423864      | .0058042            | .0076747                    |
| statinnorg       | -.0163497              | -.1481246     | .1317749            | .0224067                    |
| statinnmkg       | .0529096               | .1230985      | -.0701889           | .0148881                    |
| taille           | .5565469               | .3481683      | .2083786            | .0108608                    |
| Energie          | -.0171053              | .3151548      | -.3322602           | .0703031                    |
| Intermediaires   | .0099258               | -.1082182     | .118144             | .0345169                    |
| agri_alim        | -.0223571              | .0621407      | -.0844979           | .080329                     |
| consommation     | -.0984692              | -.1768117     | .0783426            | .0610047                    |
| Automobile       | .0855033               | -.0406006     | .126104             | .0829196                    |
| Equipement       | .0340588               | -.0719316     | .1059904            | .0381269                    |
| Construction     | .816213                | -.1185917     | .9348048            | .3782412                    |
| Commerce         | -.0421952              | .2806332      | -.3228284           | .0510471                    |
| Sces_Eses        | .0444063               | -.4992871     | .5436934            | .0548899                    |
| Sce_Particuliers | -.4155161              | -.3750585     | -.0404576           | .3812184                    |

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg  
 Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(15) = (b-B)'[(V\_b-V\_B)^(-1)](b-B)  
 = 762.23  
 Prob>chi2 = 0.0000

```
. xtreg prod dyninnpdt dyninnpcd dyninnmkg dyninnorg innpdt_1 innpcd_1 innorg_1 innmkg_1
taille Energie Intermediaires agri_alim consommation Automobile Equipement Construction
Commerce Transport Finance Immobilier Sces_Eses Sce_Particuliers Edu_Santé
Administration,fe
note: Energie omitted because of collinearity
note: agri_alim omitted because of collinearity
note: Construction omitted because of collinearity
note: Commerce omitted because of collinearity
note: Transport omitted because of collinearity
note: Finance omitted because of collinearity
note: Immobilier omitted because of collinearity
note: Sces_Eses omitted because of collinearity
note: Sce_Particuliers omitted because of collinearity
note: Edu_Santé omitted because of collinearity
note: Administration omitted because of collinearity
```

```
Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   3780
Group variable: siren                  Number of groups =   3202
R-sq:  within = 0.3996                  Obs per group:  min =    1
      between = 0.3671                    avg   =   1.2
      overall  = 0.3694                    max   =    2

                                          F(13,565)      =   28.93
corr(u_i, Xb) = -0.5196                  Prob > F       =   0.0000
```

| prod      | Coef.     | Std. Err. | t     | P> t  | [95% Conf. Interval] |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| dyninnpdt | .0127615  | .0160569  | 0.79  | 0.427 | -.0187769 .0443      |
| dyninnpcd | -.002629  | .0209572  | -0.13 | 0.900 | -.0437926 .0385345   |
| dyninnmkg | -.0693789 | .0582399  | -1.19 | 0.234 | -.1837721 .0450143   |
| dyninnorg | .0141196  | .0679128  | 0.21  | 0.835 | -.1192727 .1475119   |
| innpdt_1  | -.0220169 | .0201594  | -1.09 | 0.275 | -.0616135 .0175798   |

```

innpcd_1 | .0127967 .0153816 0.83 0.406 -.0174154 .0430087
innorg_1 | -.0311503 .0226341 -1.38 0.169 -.0756076 .0133071
innmkg_1 | .1235051 .040906 3.02 0.003 .0431586 .2038515
taille | .5504652 .0376564 14.62 0.000 .4765016 .6244288
Energie | (omitted)
Intermedia~s | -.0370367 .1944156 -0.19 0.849 -.4189022 .3448289
agri_alim | (omitted)
consommation | -.0387407 .1372763 -0.28 0.778 -.3083749 .2308936
Automobile | -.1261871 .2772334 -0.46 0.649 -.6707211 .4183469
Equipement | -.2592856 .1976446 -1.31 0.190 -.6474934 .1289222
Construction | (omitted)
Commerce | (omitted)
Transport | (omitted)
Finance | (omitted)
Immobilier | (omitted)
Sces_Eses | (omitted)
Sce_Partici~s | (omitted)
Edu_Santé | (omitted)
Administra~n | (omitted)
_cons | -.4695965 .3944217 -1.19 0.234 -1.244308 .3051153
-----
sigma_u | .75950141
sigma_e | .13684767
rho | .96855568 (fraction of variance due to u_i)
-----

```

F test that all u\_i=0: F(3201, 565) = 24.05 Prob > F = 0.0000

```

. estimates store dynfe
. estimates store dynre
. hausman dynfe dynre

```

```

----- Coefficients -----
          |          (b)          (B)          (b-B)          sqrt(diag(V_b-V_B))
          |          dynfe          dynre          Difference          S.E.
-----+-----
dyninnpdt | .0127615  -.0120731  .0248346  .0079986
dyninnpcd | -.0026229  -.0368871  .034258  .0123606
dyninnmkg | -.0693789  -.0368628  -.0325161  .0442393
dyninnorg | .0141196  .1119344  -.0978148  .0500619
innpdt_1 | -.0220169  -.0316713  .0096544  .0101038
innpcd_1 | .0127967  .0037231  .0090735  .0071498
innorg_1 | -.0311503  -.058207  .0270567  .0144621
innmkg_1 | .1235051  .1079324  .0155726  .0288228
taille | .5504652  .3237512  .2267141  .036698
Intermedia~s | -.0370367  -.2392526  .2022159  .1890784
consommation | -.0387407  -.1931708  .1544301  .1293622
Automobile | -.1261871  -.0618017  -.0643854  .2699802
Equipement | -.2592856  -.2715298  .0122441  .1914745
-----

```

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

```

chi2(13) = (b-B)' [(V_b-V_B)^(-1)] (b-B)
          = 78.91
Prob>chi2 = 0.0000

```