

PERSPECTIVES DE POLITIQUE ECONOMIQUE

Innovation et productivité

N°9, Juillet 2008



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie
et du Commerce extérieur

Les « Perspectives de Politique Economique » reprennent des rapports, études, recherches ou actes de colloques réalisés ou édités par les collaborateurs du Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur ou par des experts d'institutions associées.

Les opinions exprimées dans ces publications sont celles des auteurs et ne correspondent pas nécessairement à celles du Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur du Gouvernement.

Pour toute requête ou suggestion :

Ministère de l'Economie et du Commerce
extérieur du Grand-Duché de Luxembourg
Direction générale des études économiques

L – 2914 Luxembourg

Tél (+352) 24784155
Fax (+352) 26 86 45 18
Email beatrice.barthel@eco.etat.lu

INNOVATION ET PRODUCTIVITE

Etude de la relation entre innovation et productivité sur les données luxembourgeoises¹

Juin 2008

Anna-Leena Asikainen²,
CRP Henri Tudor³ & Statec⁴ & Observatoire de la Compétitivité⁵

Anne Dubrocard²
CRP Henri Tudor³ & Statec⁴ & Observatoire de la Compétitivité⁵

¹ Ce document est issu du travail économétrique de Anna-Leena Asikainen initialement publié en anglais dans Economie et statistiques n°23 : « Innovation and Productivity in Luxembourg », avril 2008

² Les auteures sont chercheuses au CRP Henri Tudor et travaillent dans le cadre du partenariat de recherche établi depuis 2005 avec l'Observatoire de la compétitivité du Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur et le STATEC.

E-mail: anna-leena.asikainen@statec.etat.lu , anna-leena.asikainen@tudor.lu

E-mail: anne.dubrocard@statec.etat.lu , anne.dubrocard@tudor.lu

³ Centre de Recherche Public - Henri Tudor – 29, avenue John F. Kennedy – L-1855 Luxembourg

⁴ STATEC - Service central de la statistique et des études économiques, P.B. 304, L-2013 Luxembourg

Executive Summary

« L'innovation est un facteur déterminant de la croissance et des performances de l'économie mondialisée. Elle donne naissance à de nouvelles technologies et de nouveaux produits qui aident à répondre aux enjeux mondiaux comme ceux de la santé ou de l'environnement. En transformant les modalités de la production, elle stimule la productivité, crée des emplois et contribue à améliorer la qualité de vie des citoyens. »

Ainsi, l'OCDE réaffirme dans sa note de synthèse de novembre 2007 le rôle majeur de l'innovation et justifie, s'il en était besoin, l'intérêt que portent les pouvoirs publics à la mesure et à l'analyse du phénomène.

Il importe d'autant plus de « savoir » qu'un consensus se fait jour tant du côté de nombreux courants de la recherche économique que dans les organisations internationales autour de l'idée qu'il existe des possibilités « d'agir ». Il apparaît en effet clairement que des écarts de croissance et de compétitivité durables entre les pays peuvent être reliés aux spécificités des systèmes nationaux d'innovation tels que la qualité des institutions de formation et de recherche, la culture entrepreneuriale ou la coordination et la pérennité des financements des politiques de recherche. Autant d'axes dans lesquels les pouvoirs publics sont fondés à intervenir de manière volontaire pour soutenir et favoriser l'innovation au plan national. Evidemment, le consensus est moindre sur les types d'instruments qui doivent être mobilisés et sur les moyens qui peuvent être mis en œuvre dans cet objectif. Il importe d'autant plus de savoir, et pour ce faire, de se doter des outils d'observation et de mesure et des cadres conceptuels nécessaires à une meilleure compréhension des liens entre innovation et croissance.

Pour ce qui est des outils, les pays européens se sont dotés d'une source d'information particulièrement riche et fiable à travers le déploiement du *Community Innovation Survey* coordonné par Eurostat harmonisant méthode

de collecte et informations collectés dans l'ensemble des pays et stabilisant le noyau du questionnaire. Cette démarche a ouvert le champ à de multiples travaux nationaux et nombre de comparaisons internationales.

Le cadre conceptuel quant à lui s'enrichit, pour le Luxembourg, d'un travail économétrique dont les principaux résultats ont été publiés en anglais sous le titre : « *Innovation and Productivity in Luxembourg* » dans Economie et statistiques n°23, avril 2008 et dont le présent document est une adaptation en français. La modélisation proposée s'inscrit dans la continuité des travaux entrepris de longue date par le CRP – Henri Tudor, sous l'impulsion du Ministère de l'Economie et du Commerce Extérieur et du STATEC. La somme des travaux antérieurs avait fait l'objet d'un numéro des Cahiers Economiques spécialement dédié à l'Innovation au Luxembourg en 2005.

Toutefois, ce rapport constitue une avancée décisive par rapport aux résultats exposés à l'époque et basés sur les données de l'enquête innovation précédente :

- D'abord, l'étude fait apparaître la forte inégalité dans la répartition des efforts consentis en matière de dépenses d'investissement qui caractérise « le système d'innovation Luxembourgeois ». Ainsi dans les secteurs analysés, les 10% des entreprises qui investissent le plus représentent 50% à 80% des dépenses de R&D du secteur. Plus précisément, les entreprises qui investissent massivement dans la R&D, sont, dans tous les secteurs, et de façon significative, beaucoup plus grandes que la moyenne des firmes de l'échantillon. Leurs investissements en R&D sont avant tout externes et passent notamment par des acquisitions de machines, d'équipements et de logiciels
- De plus, le modèle estimé permet d'établir le lien positif capital entre innovation et productivité au niveau des firmes.

Pour ce qui concerne la mise en évidence du lien entre innovation et productivité, le modèle établit d'une part, que la production de connaissances augmente avec l'investissement consenti pour les activités d'innovation et d'autre part, que la production de connaissances fait augmenter la productivité

des entreprises.

Enfin, les estimations permettent d'identifier un certain nombre de variables dont l'impact sur la propension à innover des firmes est non négligeable. Il s'agit notamment de la taille en nombre de salariés, du fait d'appartenir ou non à un groupe, et de la nature de l'environnement concurrentiel perçu par les firmes. Ainsi :

- La probabilité d'innover augmente avec la taille de l'entreprise. En revanche, l'effort consenti par employé diminue ainsi que les résultats obtenus.
- Le fait d'appartenir à un groupe augmente clairement la probabilité de se lancer dans des activités d'innovation ainsi que le montant moyen des dépenses de R&D consenti par employé.
- Le degré de concurrence et la pression de la demande perçus par les entreprises sont des facteurs importants dans la décision d'innover d'autant plus que l'entreprise perçoit l'avance technologique comme un facteur décisif pour la compétitivité sur son marché.

Par ailleurs, les résultats de l'étude suggèrent des modèles d'organisation et des logiques sous-jacentes distinctes constituant autant de points de départ pour le repérage d'un éventuel « système national d'innovation » dont l'existence reste toutefois à démontrer. Dans cet esprit, on retiendra ici :

- Le rôle particulier des start-up qui ouvrent de nouveaux marchés avec de nouveaux produits et donc pour qui l'innovation semble constituer le fondement de la stratégie ;
- La variabilité importante des indicateurs d'innovation d'un secteur à l'autre et la polarisation intra-sectorielle des investissements laissant envisager que plusieurs modèles de production d'innovations coexistent dans lesquels les firmes et les secteurs jouent des rôles distincts et peut-être complémentaires.

A l'issue de cette étude des résultats clairs apparaissent qui peuvent appuyer les décisions publiques bien qu'il convienne de poursuivre l'analyse. Notamment, il conviendrait de préciser les rôles de chacun dans une structure

organisationnelle faite de réseaux sans doute en partie internationaux et d'étudier l'évolution des résultats obtenus par les entreprises innovantes en introduisant des comparaisons temporelles.

Ces résultats montrent que l'innovation fait augmenter la productivité et donc la compétitivité des entreprises installées au Luxembourg. Ce fait, justifie pleinement la politique d'encouragement de la R&D mise en œuvre par les autorités luxembourgeoises dans le cadre de la stratégie de Lisbonne.

Le rapport établit également que la politique de « démocratisation » de la R&D doit encore être fortement encouragée afin qu'un plus grand nombre d'entreprises, et notamment les PME, accèdent à l'innovation, améliorant leur productivité et partant la compétitivité de notre économie. En effet, le rôle prépondérant des groupes et notamment des groupes étrangers laisse supposer que les décisions stratégiques ne sont pas prises sur une base locale mais plutôt sur des considérations de spécialisation internationale pour lesquelles le Luxembourg détient des avantages comparatifs en particulier en ce qui concerne l'industrie des services. Par ailleurs, la multitude de très petits investisseurs en R&D pour lesquels cet investissement constitue un objectif stratégique et sans doute vital, contribuent fortement au renouvellement du tissu productif. Attirer et stabiliser au Luxembourg ces deux types d'innovateurs correspond à des objectifs et des instruments de politique économique distincts, complémentaires et nécessaires.

Sommaire

INNOVATION ET PRODUCTIVITE.....	1
Etude de la relation entre innovation et productivité sur les données luxembourgeoises	1
Innovation et Productivité	8
1 Croissance et productivité	8
1.1 Innovation et performance des entreprises.....	9
2 Caractériser l'innovation au Luxembourg	10
2.1 L'enquête innovation.....	10
2.2 Les spécificités de l'économie du Luxembourg.....	11
2.3 Qu'appelle-t-on « entreprises innovantes » ?	13
2.4 Qui sont les entreprises innovantes au Luxembourg?	16
2.5 Qui investit dans l'innovation ?	18
2.6 Des efforts d'investissement en R&D inégalement répartis ?	24
2.7 Quelles sont les entreprises qui “produisent” des résultats grâce à l'innovation?	28
2.8 Qui sont les Top 10 ?	29
3 Le modèle empirique	33
3.1 L'approche Crépon Duguet Mairesse (CDM).....	33
3.2 Les variables du modèle : Les variables dépendantes	37
3.3 Les variables du modèle : Les variables exogènes communes	37
3.4 Les variables du modèle : Les variables exogènes spécifiques à chaque équation.....	39
4 Les résultats des estimations	42
4.1 Equation 1 : De la probabilité d'être « innovant »	47
4.2 Equation 2 : Des facteurs expliquant les investissements en R&D..	47
4.3 Equation 3 : La fonction de production de connaissance.....	49
4.4 Equation 4 : Innovation et productivité	50
5 Synthèse et prochaines étapes	51
5.1 Faits marquants	52
5.2 Prochaines étapes	54
Annexe 1 : Secteurs détaillés.....	55
Annexe 2 : Statistiques descriptives.....	56
Annexe 3 : Résultats des estimations	59
Annexe 4 : Modèle économétrique.....	63
REFERENCES.....	66

Résumé

Le principal objectif de cette étude consiste à estimer l'effet des dépenses de R&D sur la production d'innovation et sur la performance des entreprises. C'est la première étude conduite à un niveau entreprise sur données luxembourgeoises. Les spécificités de l'économie luxembourgeoise font donc l'objet d'une attention particulière lors du choix d'hypothèses présidant à l'élaboration du modèle. Ainsi, la distribution très inégale des dépenses de R&D et la forte prédominance du secteur financier sont-ils pris en compte dans l'estimation par l'utilisation de sous-échantillons distincts.

La démarche mise en œuvre est proche du modèle développé par Crepon, Duguet et Mairesse (1998). Les données utilisées sont issues de la « quatrième enquête innovation. » Les résultats dépendent dans une certaine mesure de l'échantillon employé. Et, plus généralement il apparaît que les efforts d'innovation ont un impact positif sur la production d'innovation, et que cette dernière

contribue à l'amélioration de la productivité de l'entreprise. Cependant, cet impact semble se diluer lorsque les sous-échantillons excluant les plus gros investisseurs ou les entreprises du secteur financier sont utilisés. L'effet de l'innovation sur la productivité tend également à disparaître lorsque les investissements matériels sont introduits comme variable exogène dans l'estimation. Toutefois, l'effet des investissements matériels est de nouveau significatif lorsque les sous-échantillons excluant les plus gros investisseurs ou les entreprises du secteur financier sont utilisés. Ainsi, dehors du secteur financier, l'impact des investissements matériels sur la productivité prime sur celui des investissements immatériels et de l'innovation. L'intensité capitalistique, le degré de complémentarité des différents types d'investissement ou la proportion de R&D incorporée dans les biens matériels varient d'un secteur à l'autre et constituent des pistes potentielles pour contribuer à l'explicitation de ces résultats.

Innovation et Productivité

1 Croissance et productivité

Au niveau agrégé, l'augmentation de la productivité totale des facteurs est la source majeure de la croissance et de la compétitivité à long terme (Howitt, 2004).

La productivité totale des facteurs est définie comme le rapport entre la production et les facteurs de production. Par augmentation de la productivité, on entend qu'il est possible de produire la même quantité de produit avec moins de capital ou de travail ou bien, qu'avec les mêmes quantités de facteurs de production, il est possible de produire une plus grande quantité de produits.

Faire plus ou mieux avec moins ou autant, c'est l'acception la plus courante de la notion de progrès technique, défini comme l'accroissement du stock de connaissances qui donne naissance à de nouvelles technologies ou innovations modifiant les processus de production, générant de nouveaux produits et équipements ou de nouvelles organisations.

La théorie de la croissance endogène s'est attachée à montrer le rôle essentiel de l'investissement en R&D (Romer, 1990, Aghion & Howitt, 1992, Grossman & Helpman, 1992), du développement du capital humain (éducation et formation – Lucas, 1988), et de la disponibilité des infrastructures collectives de qualité (transport & santé - Barro, 1990) dans l'augmentation de la productivité globale des facteurs. Dès lors, l'instauration de mécanismes destinés à encourager le développement de ces déterminants essentiels d'une croissance auto-entretenue et de la compétitivité économique d'un pays constitue des champs d'analyse et d'intervention majeurs pour la politique économique.

Dans cette perspective et pour ce qui concerne notamment le premier de ces déterminants, un certain nombre d'instruments de collecte d'information relatifs aux processus d'innovation a été déployé à travers l'Union européenne sous l'égide d'EUROSTAT depuis le début des années 90. Ces outils visent à mesurer les performances nationales en la matière et à les rendre comparables. Il s'agit notamment du Community Innovation Survey. Cette

enquête, qui a été déployée pour la quatrième fois en 2006, a permis « d'enrichir les indicateurs d'innovation traditionnels tels que les dépenses de R&D et les brevets, et de collecter des données sur l'innovation afin de fournir une meilleure compréhension de l'innovation et des mécanismes qui la relie à la croissance économique »⁶. Ici, l'innovation est entendue au sens économique : c'est-à-dire « une nouveauté porteuse d'une valeur économique (capacité de satisfaire un besoin solvable ou de créer de la richesse) reconnue et exploitée de manière viable⁷ » et l'on s'attache à identifier et à mesurer les facteurs susceptibles de générer des innovations et les résultats de leur mise en œuvre.

1.1 Innovation et performance des entreprises

A un niveau agrégé, il est démontré que la rentabilité des investissements en R&D est plus élevée que celle des investissements matériels. Toutefois, au niveau individuel (entreprises), l'estimation de la relation entre innovation et performance pose des problèmes techniques délicats. Foray, Hall et Mairesse (2007) évoquent en particulier les difficultés rencontrées, d'une part pour disposer d'indices de prix cohérents pour les nouveaux produits et donc valoriser correctement la production de connaissance et, d'autre part pour identifier correctement le délai nécessaire aux investissements réalisés pour influencer les performances de l'entreprise. Toutefois, la difficulté de mise en œuvre de modèles aptes à identifier et quantifier cette relation ne doit pas occulter le rôle crucial des innovations pour la croissance et la survie des entreprises soumises à de fortes contraintes internes et externes. En effet, l'innovation apparaît à la fois comme un élément déterminant de la concurrence et à la fois largement déterminée par la pression concurrentielle. Selon la quatrième enquête sur l'innovation (CIS4) harmonisée au niveau de l'UE, les principales raisons d'innover visent l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la variété des biens et des services produits ainsi que la croissance des parts de marché. Les effets liés au processus de production des biens et des services (i.e. Ajustement des capacités de production) apparaissent en second rang. La réduction des coûts de production arrive en troisième position et les

⁶ *Science, technology and Innovation in Europe – EUROSTAT statistical books 2008*

⁷ *Encyclopédia Universalis Dictionnaire de l'économie 2007 entrée Innovation p.719-734*

contraintes liées à de nouvelles normes environnementales ou d'autres réglementations arrivent en quatrième position.

En dépit des bénéfices apportés par l'innovation, toutes les firmes ne sont pas engagées dans des activités de R&D et d'innovation. De plus, parmi les firmes concernées, l'intensité et les revenus générés par ces activités sont très variables comme nous allons le montrer notamment dans le cas du Luxembourg.

2 Caractériser l'innovation au Luxembourg

2.1 L'enquête innovation

La plupart des variables utilisées dans cette étude économétrique proviennent de la dernière enquête innovation conduite en 2004 auprès des entreprises européennes de plus de dix salariés (Community Innovation Survey - CIS4). L'enquête porte sur la période 2002-2004.

Au Luxembourg, les données de cette enquête sont recueillies par le CEPS pour le compte du STATEC. Il s'agit d'un échantillon de données en coupe transversale comportant 1367 entreprises. Le nombre d'observations est faible dans l'absolu mais relativement important si on le rapporte à la population totale des entreprises installées au Luxembourg.

Comme il s'agit d'un questionnaire d'enquête harmonisé, ce dernier est pour l'essentiel défini par Eurostat. Toutefois, le CEPS et le STATEC ont rajouté quelques questions spécifiques.

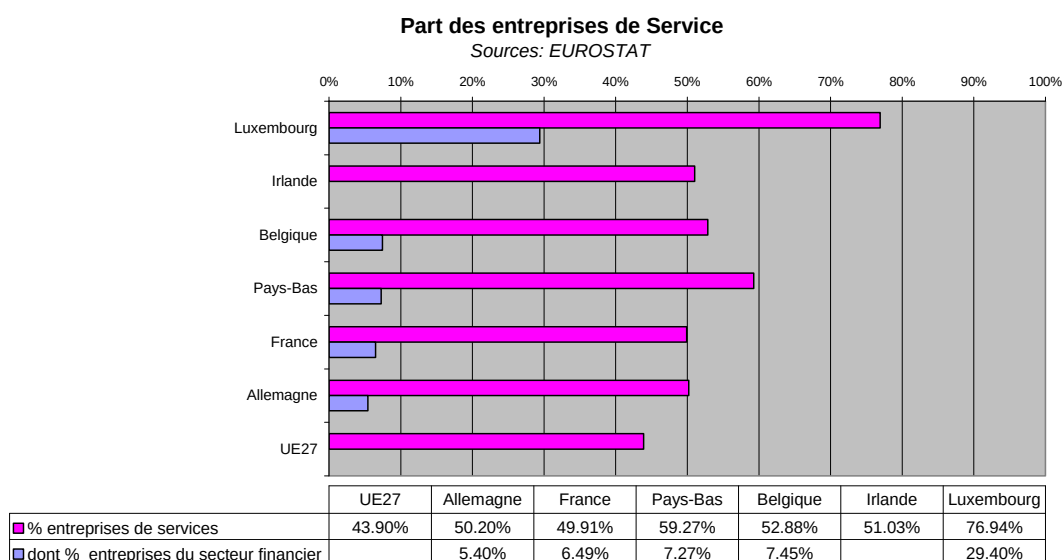
Après avoir collecté les informations de base concernant les caractéristiques et le marché des entreprises interrogées, le questionnaire s'intéresse principalement aux revenus et aux dépenses liées à des activités d'innovation de produits ou de procédés, qu'elles aient été achevées, en cours ou abandonnées au cours de la période considérée. Un certain nombre d'informations relatives aux innovations organisationnelles ou commerciales sont également recueillies. De plus, des renseignements concernant l'importance des différentes sources d'information, forme de coopération et effets obtenus par l'introduction des innovations permettent de caractériser la mise en œuvre du processus dans l'entreprise. Les répondants fournissent en outre des éléments concernant les freins à l'innovation et les méthodes de

protection qu'ils utilisent pour préserver leurs résultats en matière d'innovation. Enfin, les entreprises sont interrogées sur les achats et transferts de connaissances auxquels ils procèdent dans le cadre de leurs activités d'innovation.

2.2 Les spécificités de l'économie du Luxembourg

Sur les 1356 entreprises considérées dans l'échantillon⁸, 306 appartiennent au secteur industriel et 1050 aux secteurs des services⁹.

⇒ Dans les services, 30% des entreprises relèvent du secteur financier. Cette répartition Industrie-Service est une spécificité luxembourgeoise¹⁰.



⇒ 509 entreprises ont leur siège situé en dehors du territoire national et sont donc des filiales ou des établissements d'entreprises étrangères.

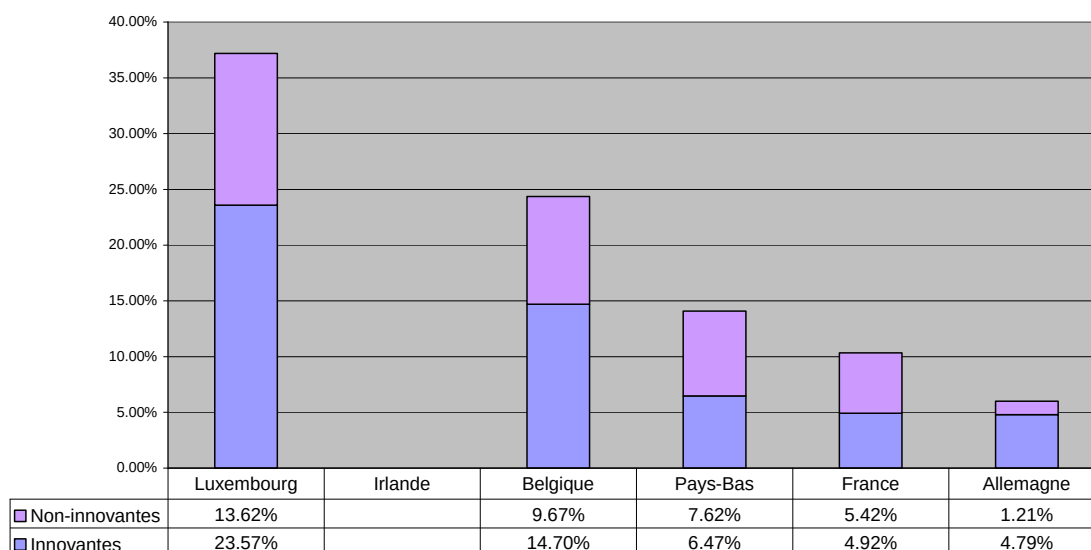
⁸ Dans la suite de l'étude proposée ici, le secteur « fourniture de gaz-électricité-eau » (NACE 40-41) a été éliminé du fait du trop petit nombre d'observations dans cette catégorie.

⁹ L'annexe 1 décrit la nomenclature NACE détaillée.

¹⁰ Pour maintenir la structure et faciliter la lecture des graphiques qui suivent, l'Irlande est toujours représentée même lorsque les données ne sont pas disponibles pour des raisons de confidentialité.

**Proportion d'entreprises innovantes et non innovantes
dont le siège est situé à l'étranger**

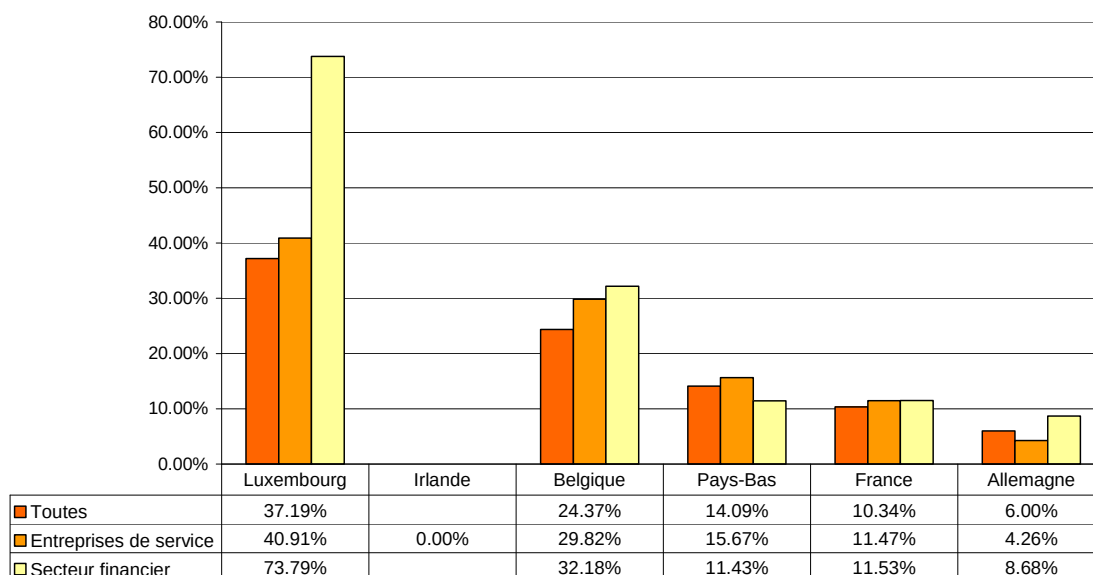
Source: EUROSTAT



⇒ Dans le secteur financier, 73,6% des entreprises ont leur siège situé en dehors du territoire national tandis que dans les autres secteurs cette proportion varie entre 20% et 30%.

Proportion d'entreprises dont le siège est situé à l'étranger selon le secteur d'activités

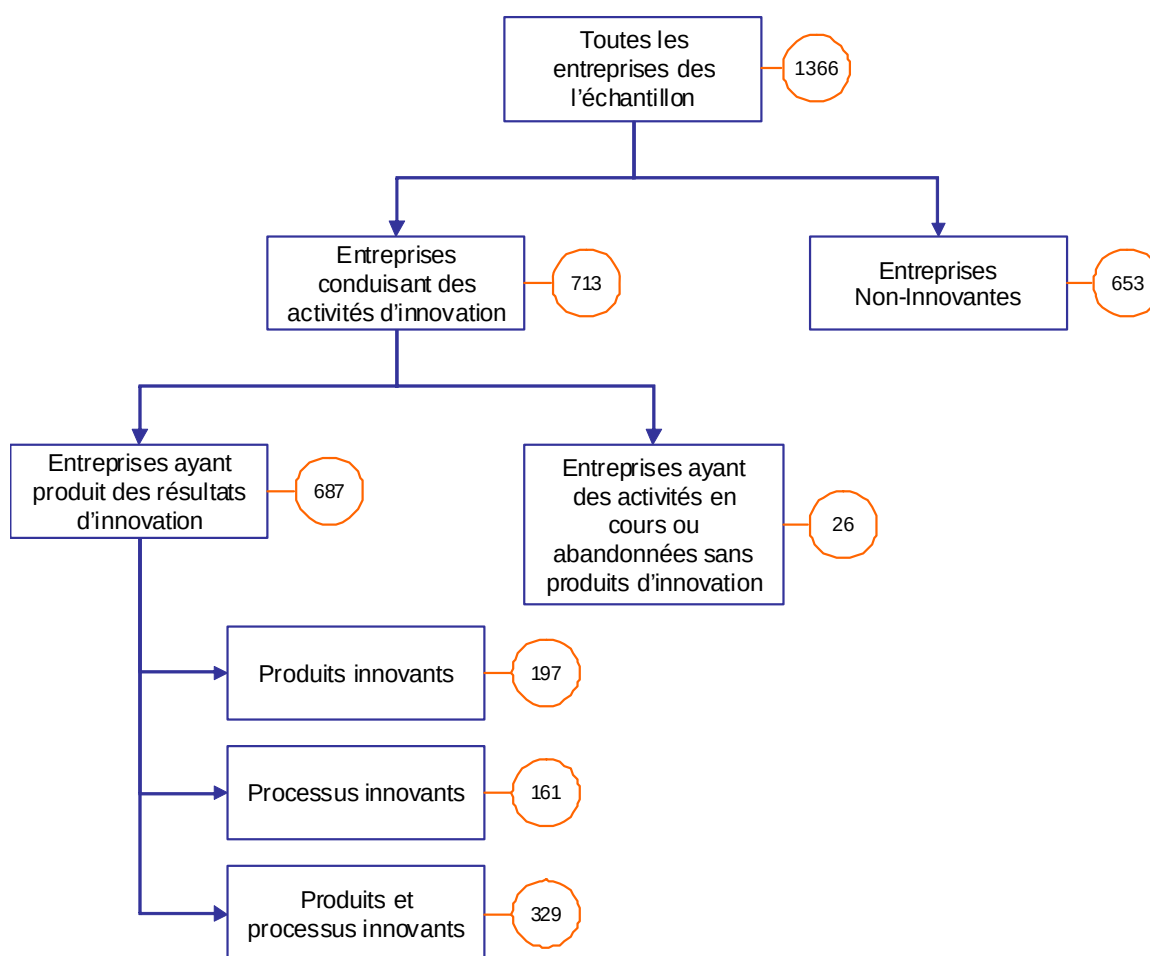
Source: EUROSTAT



⇒ Les entreprises créées entre 2002 et 2004 sont dénommées « start-up », il y a 97 « start-up » dans l'échantillon.

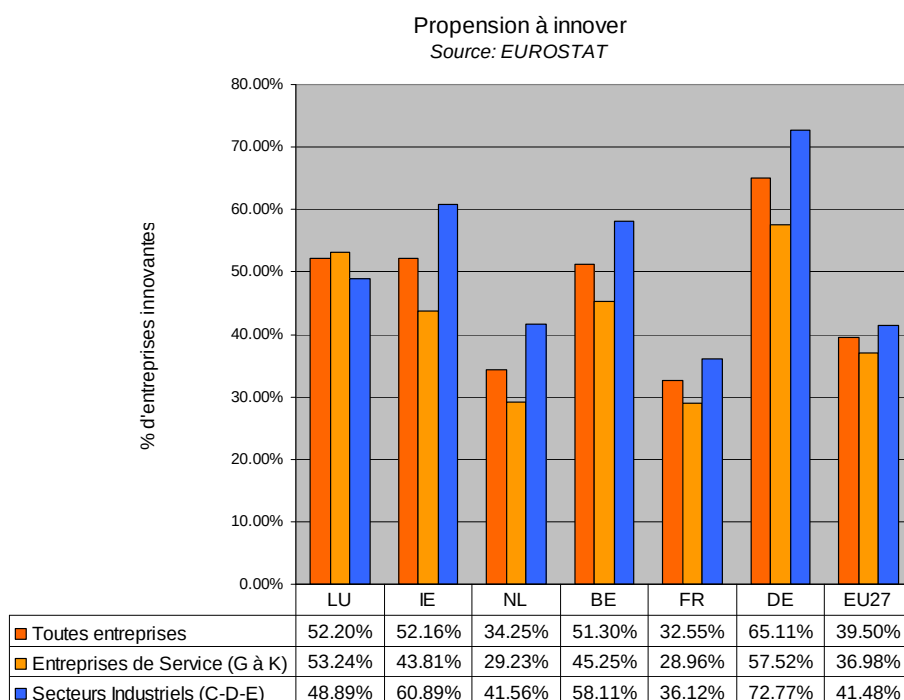
2.3 Qu'appelle-t-on « entreprises innovantes » ?

Les entreprises qui déclarent avoir introduit une innovation sur le marché au cours de la période 2002-2004 sont définies comme « entreprises innovantes ». Il peut s'agir d'une innovation de produit ou d'une innovation de procédé. Une innovation de produit est un bien ou un service nouveau ou amélioré de manière significative du point de vue de l'entreprise mais pas nécessairement du point de vue du marché. Une innovation de procédé consiste en la mise en œuvre d'un nouveau procédé de fabrication, méthode de commercialisation ou service support ou en leur amélioration substantielle.



Outre le niveau élevé de son PIB par tête (77 300€) et sa superficie modeste (2 586km²), cette petite économie ouverte qu'est le Luxembourg, présente une dynamique particulière en matière d'innovation :

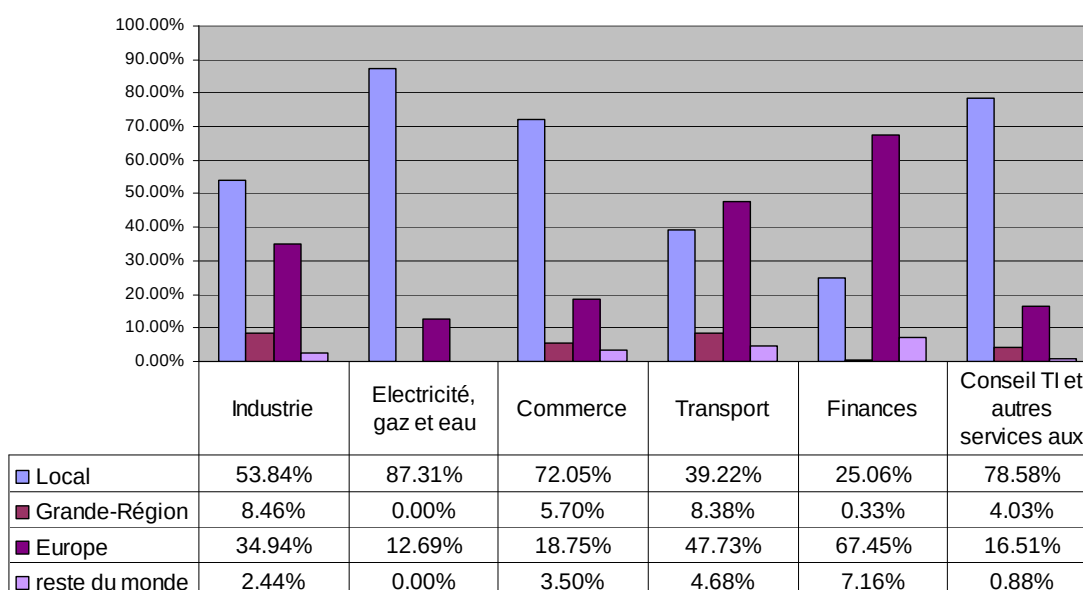
⇒ Les firmes du secteur des services sont plus innovantes que celles du secteur industriel contrairement à ce qui se passe dans la plupart des autres pays européens de l'UE27 : Dans l'UE27, 37% des entreprises de service sont engagées dans des activités d'innovation et c'est le cas pour 42,5% des entreprises du secteur industriel tandis qu'au Luxembourg, la part des entreprises innovantes dans le secteur industriel s'élève à 41,5% et celle des entreprises innovantes dans le secteur des services à 53,2%.



⇒ Les entreprises installées au Luxembourg se distinguent également par de fortes disparités sectorielles dans la structure géographique de leur marché. Ainsi, tandis que, sans surprise, les secteurs du commerce, de la fourniture d'électricité, gaz et eau et du conseil et des services aux entreprises déclarent pour plus de 70% d'entre elles vendre d'abord sur le marché national, le secteur financier est le seul secteur pour lequel les entreprises déclarent majoritairement (pour 67% d'entre elles) vendre d'abord dans les autres pays européens. Par ailleurs, la proportion d'entreprises dont le principal marché est situé en dehors du Luxembourg et de la Grande Région est non-négligeable dans l'ensemble des secteurs : 37% des entreprises industrielles, 13% dans le secteur de la

distribution d'électricité, gaz et eau, 22% du secteur du commerce, 52% de celui des transports et 17% des entreprises de conseil en technologies de l'information et des services aux entreprises. On voit ainsi apparaître une situation concurrentielle très contrastée selon les secteurs et à l'intérieur de chaque secteur indépendamment de la taille du marché intérieur.

Marché principal

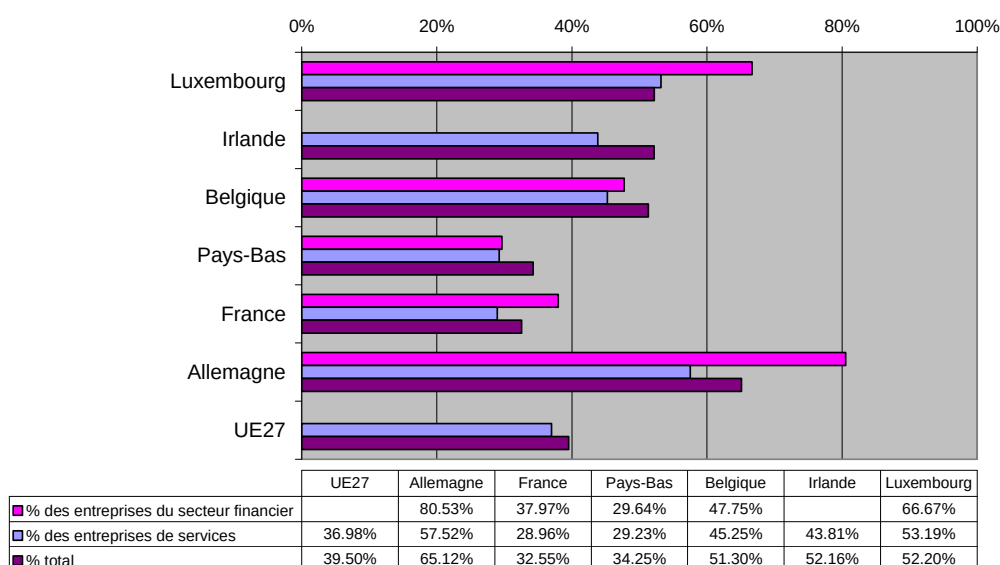


⇒ Le secteur financier tient un rôle de premier plan dans l'économie. En 2006, il occupait 11% de l'emploi total. De plus, il produit 26,8% de la valeur ajoutée brute. Le secteur financier est en concurrence directe avec d'autres places financières mondiales voilà pourquoi il n'est pas surprenant que les firmes de ce secteur soient les plus innovantes. Selon l'enquête CIS4, 65% des entreprises du secteur financier sont engagées dans des activités d'innovation.

Entreprises conduisant des activités d'innovations

Source: EUROSTAT

% dans la catégorie



2.4 Qui sont les entreprises innovantes au Luxembourg?

Le tableau 1 précise la structure de l'échantillon d'entreprises innovantes qui représente un peu plus de la moitié de l'échantillon total. Les entreprises innovantes sont celles qui ont introduit des innovations de produit ou de procédé. Les innovations de produits sont un peu plus fréquent (38,6%) que les innovations de procédés (35,9%.)

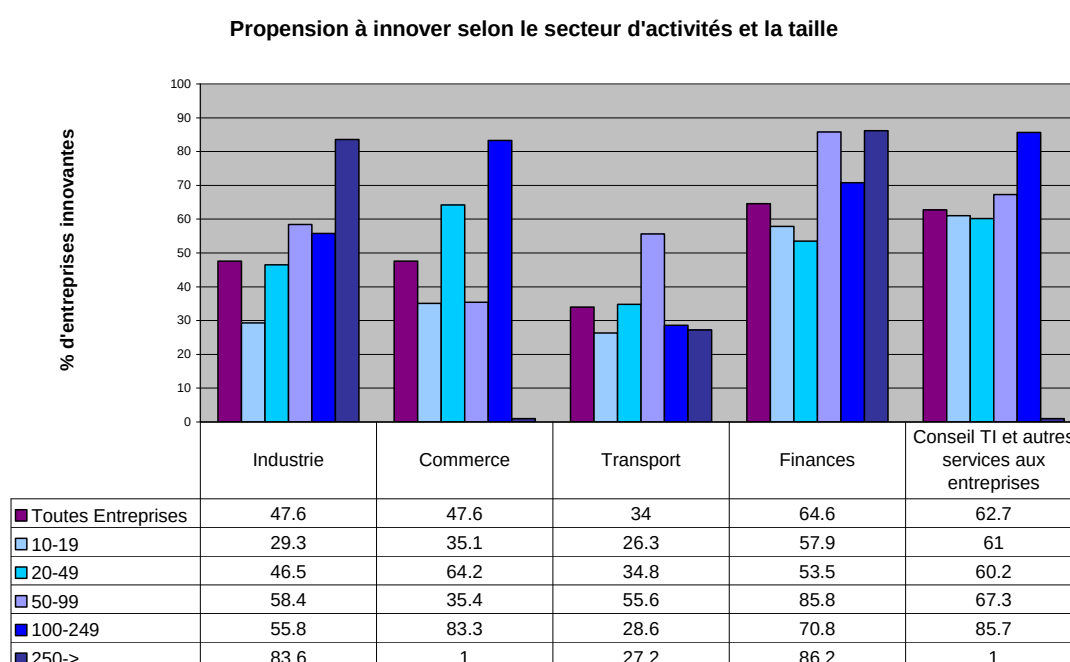
TABLEAU 1. PROPORTION D'ENTREPRISES INNOVANTES PAR SECTEUR ET PAR TAILLE.

		N, total	Innovations, %11	Innovations de produits, %	Innovations de procédés, %
Secteur	Toutes	1356	50,6	38,9	36,1
	Siège à l'étranger	506	62,1	51,3	46,2
	Industrie	306	47,6	31,5	32,9
	Commerce	258	47,6	30,0	34,9
	Transport	294	34,0	19,5	26,6
	Finance	309	64,6	59,3	47,6
	Conseil informatique et autres services aux entreprises	189	62,7	59,6	38,9
Taille ¹²	10-19	523	39,6	30,2	27,6
	20-49	442	52,3	40,5	35,8
	50-99	200	61,2	43,7	43,5
	100-249	123	60,7	44,9	45,1
	249-	68	73,1	67,2	60,9

- ⇒ La proportion d'entreprises innovantes est la plus forte dans le secteur financier où 65% des entreprises déclarent développer des activités d'innovation.
- ⇒ Le secteur industriel et le secteur du commerce arrivent respectivement au deuxième et troisième rang.
- ⇒ Dans le commerce et les transports, les innovations de procédés sont les plus fréquentes tandis que dans les autres secteurs, se sont plutôt les innovations de produit.
- ⇒ Lorsqu'on s'intéresse à la taille des entreprises, le schéma paraît simple : plus l'entreprise est grande, plus il y a de chances pour qu'elle soit une entreprise innovante, et cela, quelque soit le type d'innovation considéré. Toutefois lorsqu'on représente la proportion d'entreprises innovantes

¹² Les classes de taille ont été redéfinies afin de mieux correspondre à la structure de la population des entreprises du Luxembourg.

pour chaque classe de taille, dans chaque secteur, la relation entre taille et propension à innover n'est plus aussi nette¹³.



⇒ Il n'y a que le secteur industriel pour lequel la probabilité d'innover augmente nettement avec la taille de l'entreprise (et ce quel que soit le type d'innovation).

⇒ Dans les autres secteurs, et en particulier pour les transports, la proportion d'entreprises innovantes n'augmente pas systématiquement avec la taille (et ce quelque soit le type d'innovation).

2.5 Qui investit dans l'innovation ?

On considère que les entreprises investissent dans l'innovation lorsqu'elles déclarent être engagées dans des activités de recherche et développement. C'est-à-dire des activités visant à accroître le stock de connaissance de l'entreprise et à utiliser ce stock pour concevoir des produits ou des procédés nouveaux ou améliorés. Ces activités recouvrent donc tout type de travaux de recherche et développement qu'ils soient conduits en interne ou en externe ainsi que les connaissances acquises à travers l'introduction de machines, d'équipements et de logiciels ou bien les formations et les activités déployées pour commercialiser les résultats de ces activités. Plus précisément, le montant

¹³ Cf. Voir Annexe 2 : Statistiques descriptives

des investissements dédiés à l'innovation est défini par la somme des quatre types de dépenses internes et externes encourues au titre de ces activités :

1. R&D interne
2. R&D externe
3. Acquisition de machines, d'équipements et de logiciels
4. Acquisition d'autres connaissances externes

Ces informations sont reprises dans le tableau 2 qui présente :

- La répartition des dépenses d'innovation par secteur d'activité et par classe de taille.
- La ventilation par type de dépenses de chaque secteur et pour chaque classe de taille d'entreprise.

TABLEAU 2. REPARTITION DES DEPENSES D'INNOVATION PAR TYPE DANS CHAQUE SECTEUR.

		Tout type de dépenses Répartition en %	Dépenses de R&D interne, %	Achat de machines et logiciels %	Dépense s de R&D externe %	Acquisition d'autres connaissances externes %
	Toutes entreprises		47,2	34,8	4,5	13,5
Secteur	Industrie	27,7	74,2	21,8	1,3	2,7
	Commerce	4,2	42,6	47,2	7,4	2,8
	Transport	14,9	7,5	83,6	3,1	5,8
	Finance	35,4	27,6	37,6	8,6	26,2
	Conseil informatique et autres Services aux entreprises	17,8	78,8	5,5	1,7	14,0
Taille	10-19	4,6	35,2	48,7	9,6	6,5
	20-49	11,3	28,5	55,2	6,1	10,2
	50-99	11,9	16,4	46,8	5,2	31,6
	100-249	16,9	30,0	45,7	2,8	21,5
	250->	55,3	62,2	24,7	4,2	8,9

⇒ Le secteur des services concentre à lui seul plus des deux tiers de l'ensemble des dépenses d'innovation. Le secteur financier est le plus

gros investisseur avec un tiers de l'ensemble des dépenses d'innovation engagées au Luxembourg.

- ⇒ Les plus grosses dépenses sont engagées au titre de l'acquisition de machines, d'équipements et de logiciels. C'est dans le secteur du commerce qu'on trouve la part la plus importante consacrée à ce type de dépenses et dans le secteur du conseil informatique et des autres services aux entreprises que l'on trouve la part la plus faible.
- ⇒ L'externalisation de la R&D (R&D externe et autres acquisitions externes) représente 35% des dépenses dans le secteur financier, et seulement 4% dans le secteur industriel.
- ⇒ Dans les autres secteurs, les dépenses externes représentent des proportions intermédiaires. L'industrie, le conseil informatique et les autres services aux entreprises allouent la plus grosse part de leurs dépenses aux activités de R&D internes. Dans le secteur des transports les parts respectives allouées à la R&D internes et externalisées sont à peu près équivalentes.
- ⇒ La ventilation selon les types de dépenses d'innovation présente les mêmes caractéristiques selon les tailles des entreprises sauf pour les entreprises de plus de 250 salariés pour lesquelles la proportion de dépenses de R&D interne est nettement prépondérante.

Les montants moyens investis pour l'innovation sont présentés dans le tableau 3 :

TABLEAU 3. DEPENSES D'INNOVATION – MONTANTS MOYENS PAR SECTEUR D'ACTIVITES ET PAR CLASSE DE TAILLE DES ENTREPRISES.

		Moyenne par entreprise	Moyenne par employé	Part des investissements en R&D dans le chiffre d'affaires, %
		k€	k€	
Secteur	Toutes entreprises	1315	12,5	2,7
	Industrie	1636	9,5	3,4
	Commerce	359	8,7	2,0
	Transport	1280	14,7	6,3
	Finance	1620	11,7	1,5
	Conseil informatique et autres services aux entreprises	1295	30,4	18,8
Taille	10-19	202	14,0	2,4
	20-49	450	14,6	2,9
	50-99	838	11,8	3,4
	100-249	1974	12,6	3,1
	250->	8383	11,9	2,6

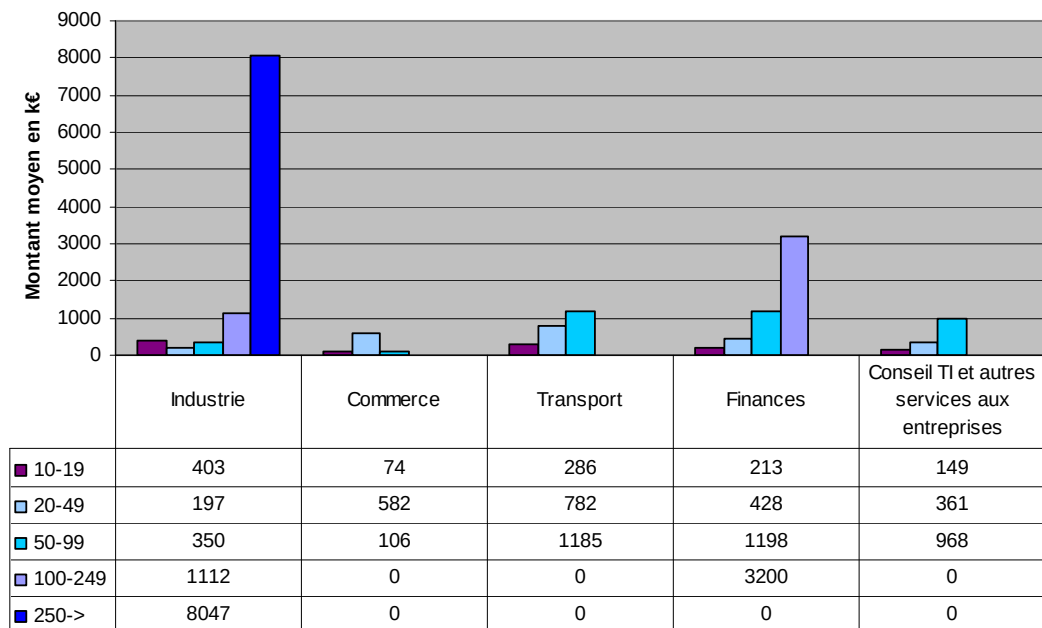
⇒ Le secteur industriel et le secteur financier ont les montants moyens investis les plus élevés.

⇒ Les montants moyens investis dans l'innovation selon la classe de taille augmentent, avec la taille de l'entreprise, ce qui n'est pas surprenant.

Les chiffres présentés jusqu'ici soulignent qu'il existe des différences importantes en matière d'innovation et d'effort de recherche et développement selon les secteurs analysés et selon les classes de taille des entreprises. Cela incite à regarder de plus près les montants par taille et par secteur.¹⁴

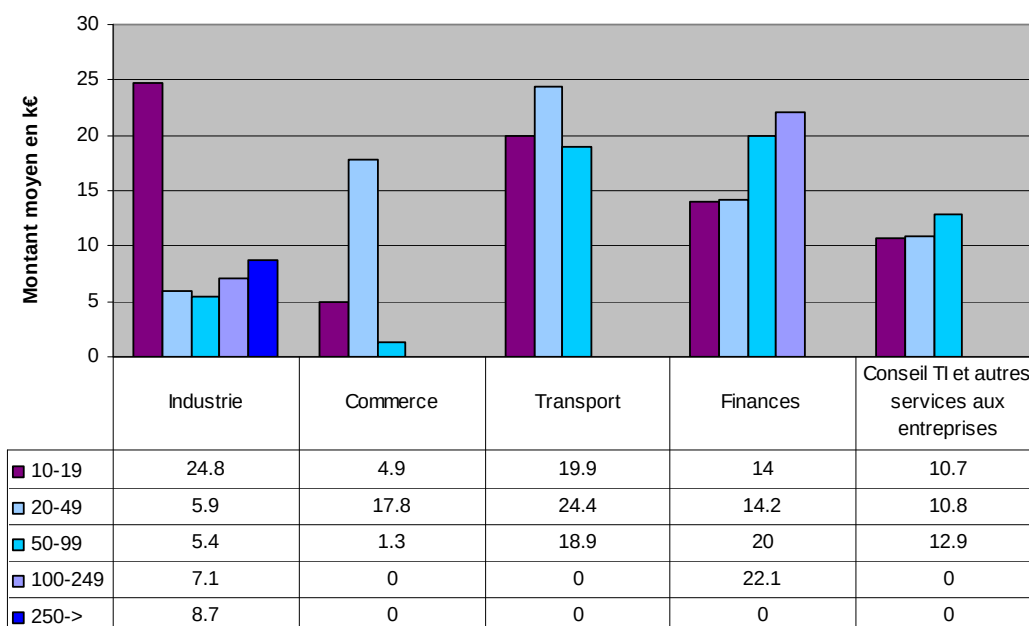
¹⁴ Les dépenses d'innovation par secteur et par taille d'entreprise sont présentées dans le tableau 2A en annexe 2

Dépenses d'innovation



⇒ De nouveau, les chiffres montrent à l'évidence que les grandes entreprises investissent davantage en terme absolu tandis qu'en relatif, les résultats sont plus nuancés. Dans l'industrie, le commerce et les transports, les entreprises de moins de 50 salariés ont les plus hauts niveaux de dépenses de R&D par employé, tandis que dans le secteur financier se sont les entreprises de plus de 50 salariés qui investissent le plus.

Dépenses d'innovation par employé

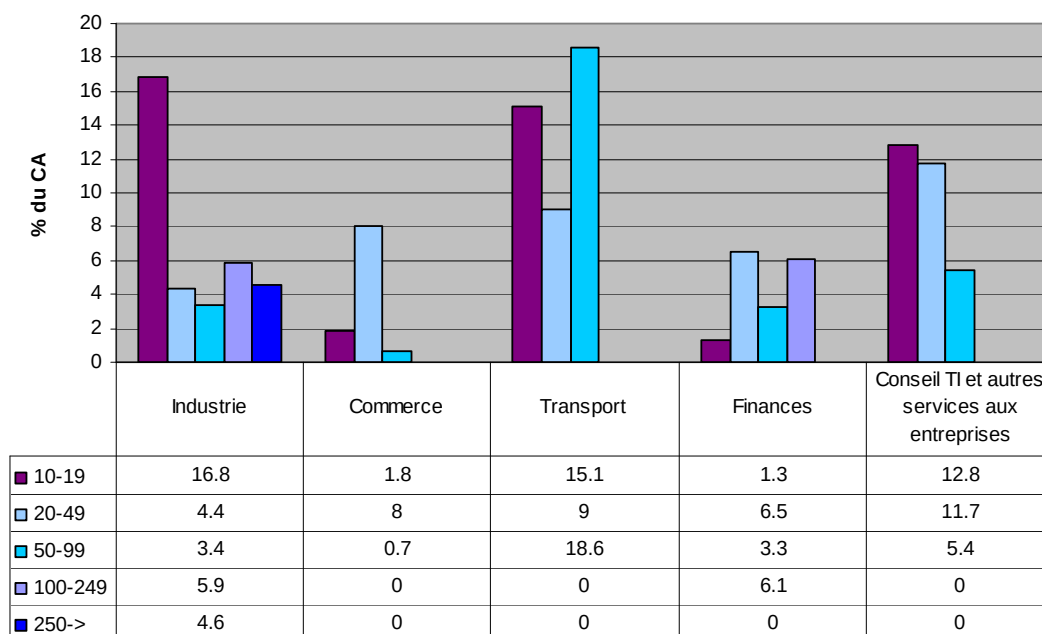


- ⇒ Toutefois, les classements précédents changent lorsque l'on rapporte le montant moyen investi au nombre de salariés¹⁵. Alors, le niveau le plus élevé est atteint par le secteur des transports suivi par le secteur financier qui conserve la seconde place.
- ⇒ Curieusement, il n'y a plus de différence importante dans les montants selon la taille des entreprises sauf pour les plus petites entreprises du secteur industriel. Le seul fait notable est la faiblesse du montant pour les entreprises de plus de 250 salariés lorsqu'il est connu.
- ⇒ Les grandes entreprises investissent donc plus en terme absolu mais moins en terme relatif lorsqu'on rapporte les montants investis au nombre de salariés. Ce constat s'applique également lorsqu'on mesure l'effort consenti en le rapportant au chiffre d'affaire de l'entreprise. L'observation des pourcentages par taille d'entreprise montre que plus les entreprises sont petites plus la part de l'investissement en R&D rapportée au chiffre d'affaire est importante.

¹⁵ Cf. chiffres détaillés Annexe 2 : Statistiques descriptives

⇒ Enfin, cette part est plus importante dans les secteurs des transports et dans les secteurs du conseil informatique et des autres services aux entreprises.

Dépenses d'innovation en pourcentage du chiffre d'affaire



⇒ En ce qui concerne les dépenses d'innovation rapportées au chiffre d'affaires, il est difficile de conclure. Il semble que dans la plupart des secteurs, les entreprises les plus petites présentent un volume d'investissement rapporté au chiffre d'affaire assez élevé sauf dans le secteur financier et dans le commerce.

⇒ Toutefois, il convient d'être prudent dans la mesure où l'information pour certaines catégories est incomplète et pour d'autres catégories les résultats sont biaisés par la présence de quelques très gros investisseurs.

2.6 Des efforts d'investissement en R&D inégalement répartis ?

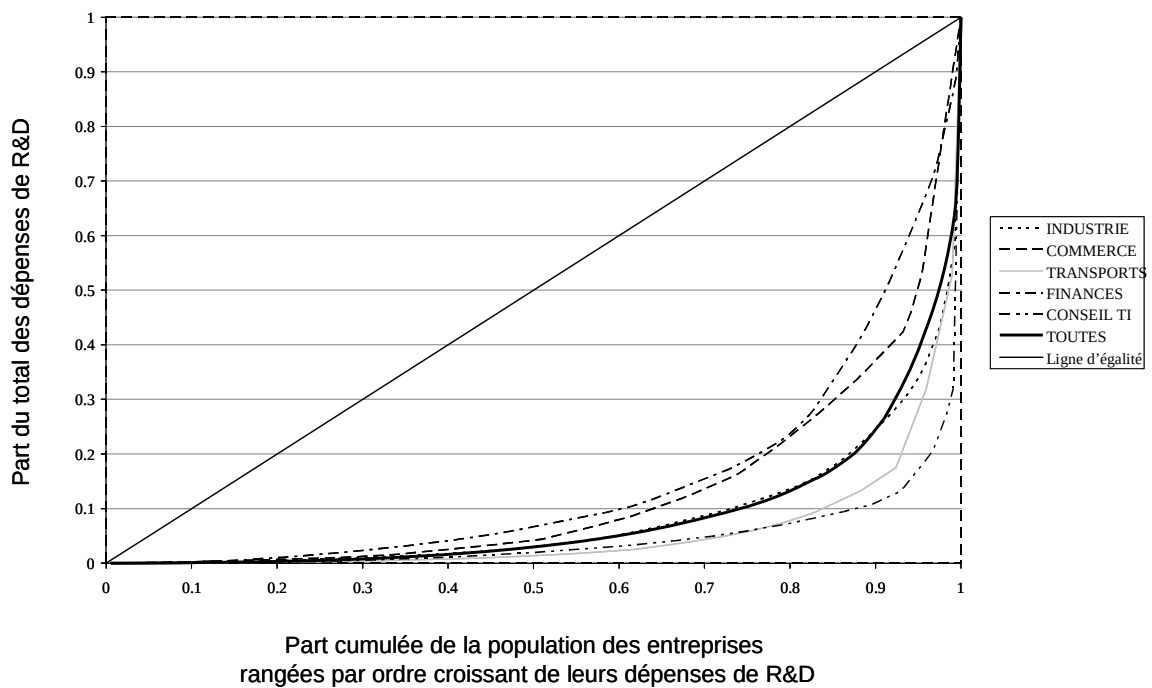
Les acteurs majeurs de l'innovation ne sont pas nécessairement les plus grandes entreprises et surtout, il semble que les efforts consentis en matière d'innovation soient très mal répartis non seulement entre les secteurs mais également entre les entreprises d'un même secteur. Afin de vérifier cette assertion et de décrire plus précisément l'influence de ces acteurs majeurs, on

propose ici de tracer la courbe de Lorenz et de calculer les indices d'inégalité correspondants.

La **courbe de Lorenz** est la représentation graphique de la fonction qui, à la part n des entreprises qui investissent le moins en R&D, associe la part m du montant total des investissements qu'ils réalisent. La part des entreprises, classées par ordre d'investissement croissant, est donc en abscisse, et la part du montant investi en ordonnée. On dira que la distribution des montants investis est d'autant plus « inégalitaire » que la courbe s'éloigne de la bissectrice appelée « ligne de parfaite égalité ». En effet, cette droite est telle que $n=m$, c'est à dire que chaque entreprise investi le même montant en R&D.

La figure 1 représente la courbe de Lorenz tracée pour chaque secteur d'activités. Pour chaque secteur, la courbe est très éloignée de la droite d'égalité parfaite et il existe de fortes disparités entre certains secteurs comme les finances pour lequel 40% des entreprises réalisent 90% des investissements et le secteur des transports pour lequel 10% des entreprises seulement réalisent plus de 90% des investissements.

Courbe de LORENZ



La distribution inégale des dépenses de R&D illustrée par la courbe est confirmée par les indicateurs présentés dans le tableau 4. La première mesure d'inégalité donne la part du montant global investi par les 10% des entreprises qui investissent le plus. La seconde mesure est le résultat du calcul du coefficient de Gini.

Le **coefficient de Gini** est un nombre variant de 0 à 1, où 0 signifie l'égalité parfaite et 1 signifie l'inégalité totale (une entreprise investit seule la totalité du montant investi en R&D). Graphiquement, c'est la superficie de la zone comprise entre la droite d'égalité parfaite et la courbe de la situation réelle. Plus l'aire est grande, plus le pourcentage est élevé et donc plus la distribution est inégale.

TABLEAU 4. MESURES DE LA DISTRIBUTION DES DEPENSES DE R&D SELON LES SECTEURS D'ACTIVITES.

Secteur d'activités	Part du 10 ^{ème} quantile, %	Indice de Gini	Gini, 10% les plus gros exclus
Industrie	75,12	0,83	0,59
Commerce	59,03	0,74	0,57
Transport	83,61	0,88	0,63
Finances	50,05	0,69	0,59
Conseil informatique et autres Services aux entreprises	87,15	0,89	0,51

- ⇒ Dans les secteurs du transport et celui du conseil en informatique et des autres services aux entreprises, le 10^{ème} quantile représente environ 85% des investissements en R&D du secteur. Une structure analogue est visible dans d'autres secteurs : dans l'industrie ces acteurs majeurs représentent 75% de l'ensemble des investissements de R&D, tandis que dans le commerce et le secteur financier les chiffres atteignent respectivement 59% et 50%.
- ⇒ Les coefficients de Gini conduisent au même classement des secteurs : commerce et finances restent les secteurs dans lesquels la répartition des efforts de R&D est la moins inégale. Cependant, le coefficient de Gini est très différent lorsque les 10% des investisseurs les plus importants sont exclus de l'échantillon. Les écarts entre coefficients se réduisent et restent dans l'intervalle compris entre 0,50 et 0,63. Il semble bien que dans tous les secteurs la plus grande partie des efforts d'innovation tienne à un petit nombre d'investisseurs majeurs.

2.7 Quelles sont les entreprises qui “produisent” des résultats grâce à l’innovation?

Trois mesures de la production d’innovation sont proposées dans le tableau 5 :

1. La part du chiffre d’affaires provenant des ventes des produits générés par les activités d’innovation donne une indication de leur importance stratégique pour l’entreprise.
2. Le volume des ventes des produits issus de l’innovation rapporté au nombre d’employés donne une indication de l’importance relative des résultats obtenus eu égard à la taille de l’entreprise concernée.
3. Le ratio output/ input de l’innovation rapporte les ventes des produits générées par les activités d’innovation aux dépenses consenties à cette fin. Ce ratio donne le nombre d’Euros de résultats générés par Euro investi en R&D¹⁶.

TABEAU 5. MESURES DES PRODUITS DE L’INNOVATION SELON LE SECTEUR D’ACTIVITES ET SELON LA TAILLE.

		Produits de l’innovation = part du CA moyen en %	Produits de l’Innovation par employé euros	Innovation output/input
Secteur	Toutes entreprises	24,8	124,1	9,8
	Industrie	20,4	60,5	6,3
	Commerce	34,1	96,1	37,8
	Transport	16,9	64,4	3,6
	Finance	26,4	211,5	17,9
	Conseil informatique et autres Services aux entreprises	29,9	49,7	1,5
Taille	10-19	57,1	362,3	31,0
	20-49	30,2	179,1	13,3
	50-99	29,2	128,2	8,7
	100-249	19,7	66,4	4,3
	250->	19,8	95,7	8,4

⇒ D’un secteur à l’autre, la part du chiffre d’affaire issue de la vente des produits de l’innovation varie entre 20% et 34%. Il y a plus de 10 points

¹⁶ Ces chiffres doivent être pris à titre purement indicatif, ils donnent plus une indication sur les différences entre les secteurs qu’une information sur le niveau réel des performances des entreprises.

de pourcentage d'écart entre l'industrie pour laquelle cette part est la moins élevée et le commerce pour lequel cette part est la plus élevée. La ventilation des résultats selon la taille des entreprises montre que les entreprises les plus petites (moins de 50 salariés) sont en moyenne plus dépendantes des revenus provenant de la vente des produits de l'innovation. On pourrait supposer que les jeunes entreprises utilisent les innovations pour ouvrir leur marché puisque 60% des entreprises de moins de 50 salariés ont cinq ans ou moins.

- ⇒ Le chiffre d'affaire par employé réalisé avec les produits issus de l'innovation est nettement plus élevé dans le secteur financier. Les performances des petites entreprises en matière d'innovation apparaissent plus clairement ; l'indicateur est au moins deux fois plus élevé pour les petites entreprises (10-19 salariés) que pour les autres entreprises.
- ⇒ Les ratios input/output les plus élevés sont atteints dans le secteur du commerce puis dans le secteur financier. Lorsque la même mesure du revenu est calculée par classe de taille, on découvre que les plus petites entreprises parviennent de nouveau à tirer le meilleur parti des efforts consentis.
- ⇒ Selon ces trois mesures simples, les entreprises les plus petites (10-19 salariés) obtiennent relativement le meilleur revenu économique de leurs efforts en matière d'activités de R&D.

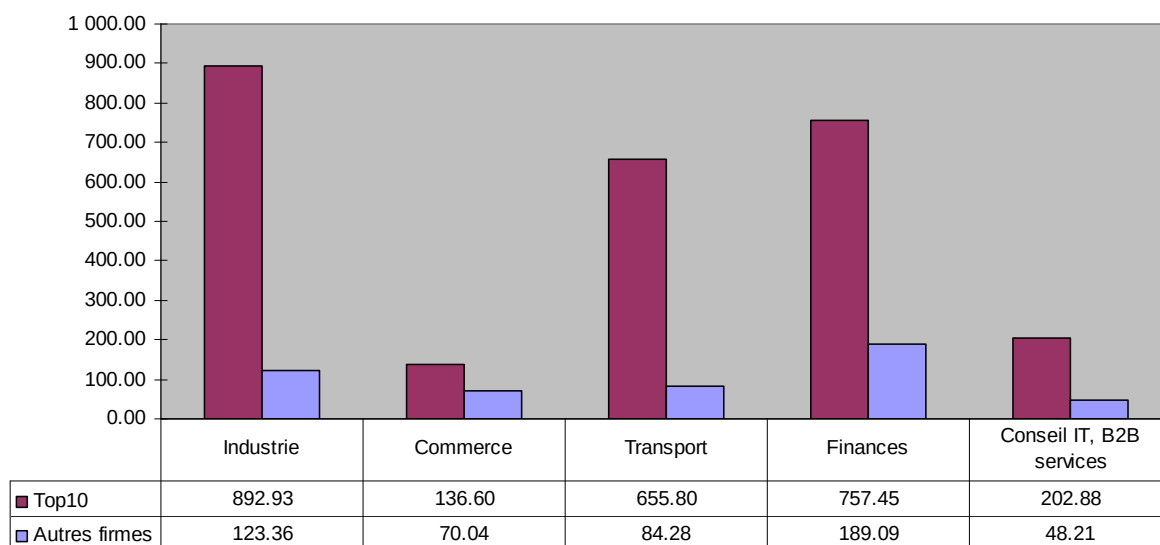
2.8 Qui sont les Top 10 ?

- ⇒ Les entreprises du Top 10 sont pour chacun des 5 secteurs retenus dans l'analyse, les entreprises du 10^{ème} quantile supérieur qui investissent les montants les plus élevés dans l'innovation. Ainsi, 10% des entreprises du secteur industriel représente 75% des dépenses totales de R&D du secteur. Les dépenses réalisées par chacune d'entre elles s'élèvent à au moins 2,5 MEUR.

Secteur	Nombre d'entreprises	Part des dépenses de R&D du secteur	Minimum investit en R&D par entreprises	Investissement matériel moyen
Industrie	14	75%	2 549 999	5 380 691
Commerce	12	59%	574 999	955 705
Transport	11	84%	1 299 999	17 200 000
Finances	18	50%	4 999 999	8 653 371
Conseil informatique et autres services aux entreprises	12	87%	936 681	958 204

⇒ Ce petit nombre d'entreprises se distinguent nettement de l'ensemble des autres entreprises innovantes de l'échantillon par leur taille et par l'ampleur des investissements matériels réalisés en 2004. Ce montant est rapproché du montant minimum investi par les entreprises du Top 10 uniquement en R&D.

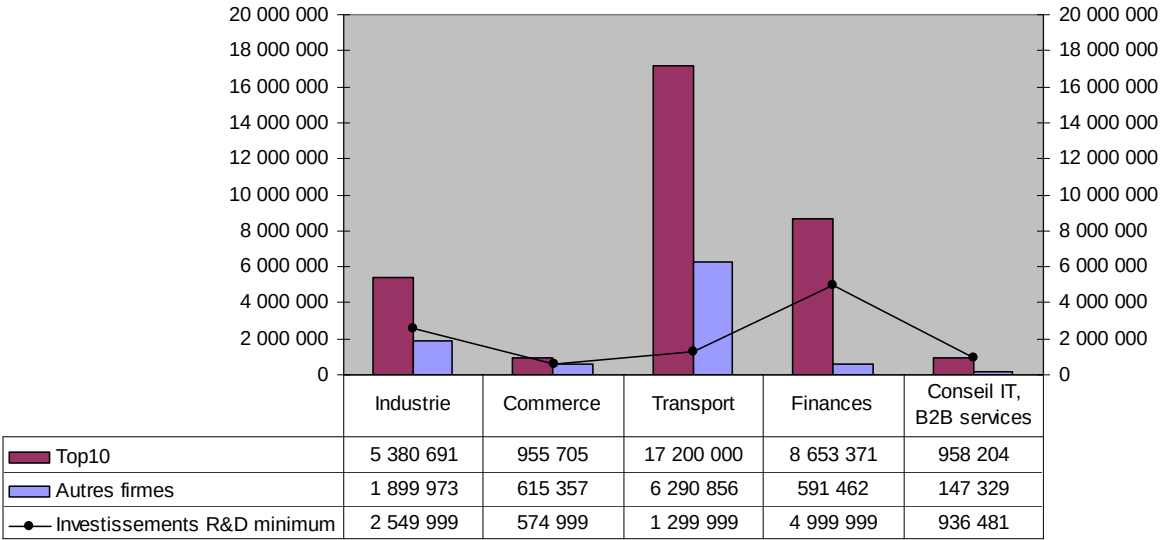
TOP10: Nombre moyen d'employés



Les entreprises du Top 10 sont en moyenne beaucoup plus grandes que les autres entreprises innovantes de leur secteur d'activité, elles investissent aussi beaucoup plus en volume. Mais lorsqu'on rapproche le nombre moyen d'employés des montants investis, des logiques d'innovations différentes apparaissent. Les finances et le secteur des transports se distinguent par l'importance des investissements matériels moyens réalisés et par la disparité

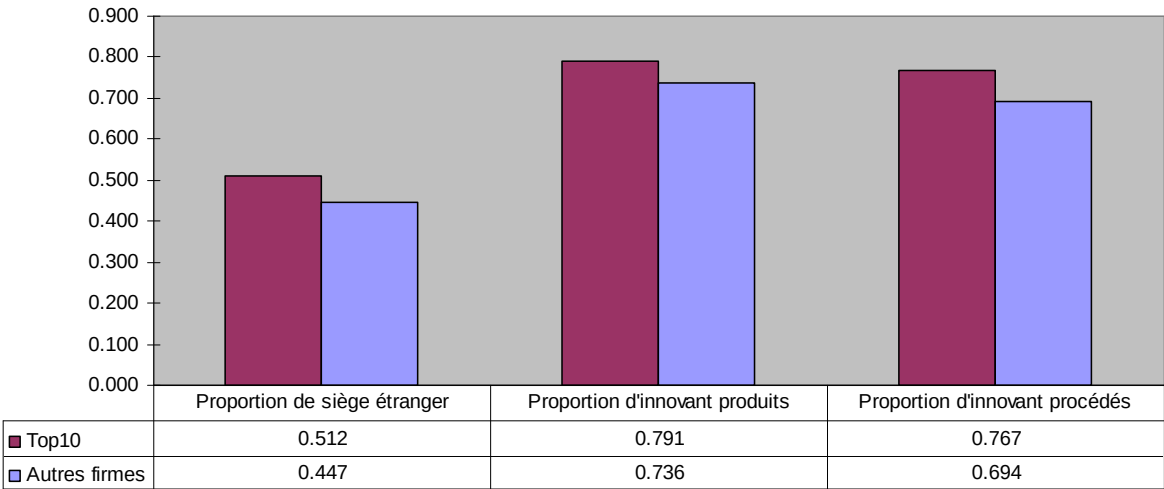
des montants minimaux consentis pour la R&D. L'investissement minimum en R&D du secteur finances étant deux fois supérieur à celui de l'industrie.

TOP10: Investissement total moyen et investissements minimums en R&D



Les Top10 se distinguent également par certains caractères qu’elles ont une propension significativement plus forte que les autres entreprises à exhiber. Plus d’une sur deux est filiale ou succursale d’un groupe ayant son siège à l’étranger. Elles sont plus susceptibles de produire des innovations soit de produits, soit de procédés.

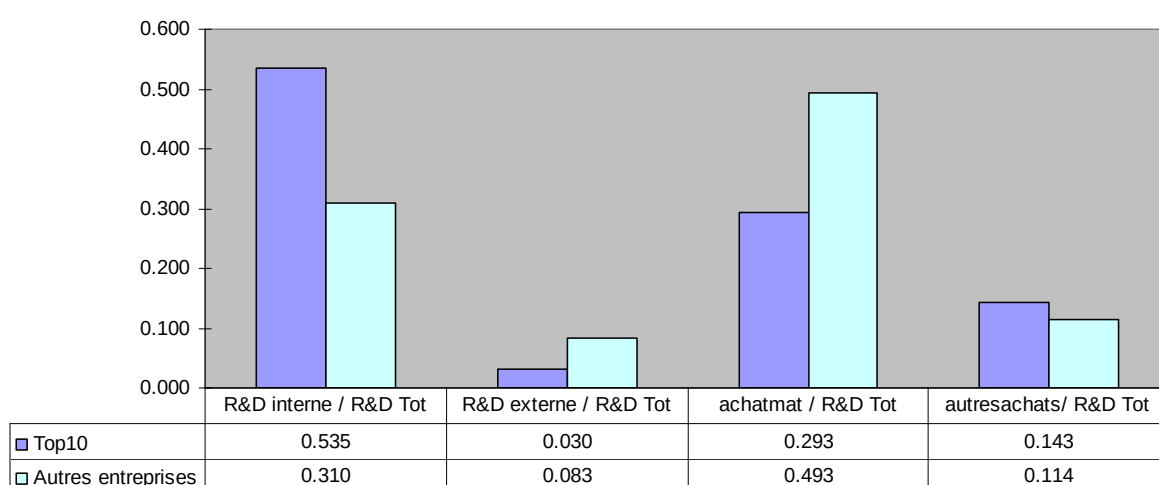
TOP10: propension plus forte d'avoir un siège à l'étranger, d'avoir produit des innovations de produits et de procédés



La structure de répartition des dépenses de R&D chez les Top 10 se distingue clairement de celle des autres entreprises. Les montants énormes consacrés

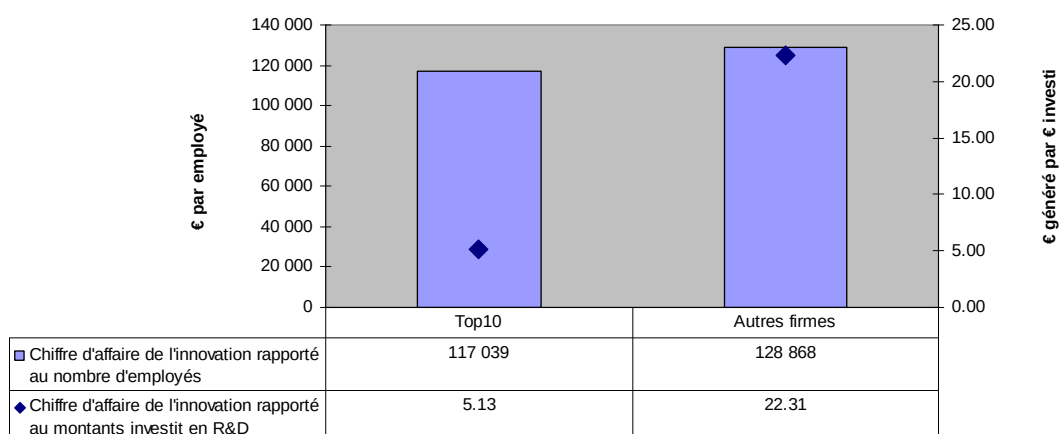
par les Top 10 à la R&D sont d'abord consacrés aux activités internes puis aux achats de matériel. L'inversion des priorités pour le groupe des autres entreprises suggère des arbitrages différents. Ainsi, si les deux types de dépenses peuvent être considérées comme en partie complémentaires, elles sont également fortement substituables. La part des achats d'autres connaissances externes est beaucoup plus faible quoique non négligeable et significativement plus élevée chez les Top 10.

**TOP10: propension plus forte
à consacrer une partie importante des dépenses de R&D à de la R&D Interne et
à l'achat de connaissance externes.**



Il ne faut pas perdre de vue les différences significatives dans l'ampleur des montants investis et des chiffres d'affaires générés, toutefois rapporté au chiffre d'affaires global, au nombre d'employés ou au montant investis en R&D, les « performances » des Top 10 sont significativement inférieures aux autres entreprises. Du coup, les activités liées à l'innovation sont sans doute beaucoup plus stratégiques pour les entreprises hors du Top 10.

TOP10: Propension plus faible à tirer partie des innovations produites



De plus, il y a un certain nombre de caractéristiques pour lesquelles les entreprises du top10 ne se distinguent pas du tout de l'ensemble des entreprises innovantes. En particulier, elles ne développent pas plus souvent que les autres des activités de R&D permanente. Il n'y a pas donc pas de « professionnalisation » spécifiques des entreprises du top10.

3 Le modèle empirique

Dans l'étude économétrique proposée dans ce chapitre, on s'efforcera d'analyser l'influence des spécificités de l'économie et de l'innovation luxembourgeoises sur la productivité et la production d'innovation. Ces travaux visent en particulier à identifier l'influence propre du secteur financier et du petit nombre d'acteurs dont dépend la plus grosse partie des efforts consentis en matière de dépenses d'innovation. Par ailleurs, on étudiera l'influence propre des investissements immatériels sur la production de connaissance. Enfin, l'enquête CIS4 comporte un certain nombre de questions spécifiques ajoutées pour le Luxembourg dont les réponses sont utilisées pour construire des indicateurs visant à identifier le type des menaces concurrentielles perçues par les entreprises sur leur marché et à mesurer l'intensité de leur capacité à incorporer de nouvelles connaissances.

3.1 L'approche Crépon Duguet Mairesse (CDM)

Au cours des vingt dernières années l'innovation et la productivité sont devenues des thèmes de recherche de plus en plus discutés et étudiés. Une revue synthétique des résultats obtenus dans les études empiriques conduites

au niveau des firmes est fournie par Cohen et Klepper (1996) et Klette et Kortum (2002). Les deux publications passent en revue les principaux faits stylisés que l'on retrouve à travers cette littérature et leurs conclusions se complètent.

L'influence de la taille de l'entreprise sur ses performances en matière d'innovation et de R&D est difficile à établir en toute généralité. En effet, les résultats obtenus dépendent des mesures de performance utilisées. Ainsi, Cohen et Klepper concluent que l'investissement en R&D est corrélé positivement avec la taille de la firme, tandis que Klette et Kortum établissent que l'intensité en R&D est indépendante de la taille de l'entreprise.

Dans l'ensemble, la distribution des dépenses d'investissement est faussée par les investissements particulièrement importants réalisés par quelques firmes et l'absence totale d'investissement pour la majorité des firmes. En dépit de ces difficultés, un petit nombre de faits stylisés se sont finalement imposés autour de l'influence de la taille :

La productivité de la R&D diminue avec la taille de la firme. Une corrélation positive entre productivité et R&D est un fait maintenant communément admis. Toutefois, pour Klette et Kortum, le lien entre croissance de la productivité et R&D reste délicat à établir.

Ils notent également que les différences en matière d'investissement en R&D persistent entre les entreprises. Les inputs d'aujourd'hui constituent un bon prédicteur des inputs de demain mais le niveau de l'investissement n'est pas un bon prédicteur des changements dans l'investissement.

Malgré la nouveauté relative des études empiriques innovation-productivité conduites au niveau des entreprises, une méthode d'estimation explorant l'enchaînement des actions depuis la décision de s'engager dans les activités d'innovation jusqu'à l'accroissement de la productivité s'est peu à peu imposée. Crépon, Duguet et Mairesse (CDM) ont été les premiers à proposer un modèle structurel visant à capturer les liens entre dépenses d'innovation, résultats d'innovation et productivité au niveau des entreprises. Au plan théorique, le modèle est basé sur une fonction de production de type Cobb-Douglas étendue. Il établit qu'un accroissement de l'input d'innovation (investissement

en R&D) provoque un accroissement de l'output d'innovation (produit de l'innovation).

L'approche CDM a été largement appliquée. Les différences obtenues par les différentes études sont généralement liées aux méthodes d'estimation utilisées et aux données disponibles. Ces études ont combiné autant de sources de données que disponibles. Dans la plupart des cas, les études s'appuient sur les enquêtes innovation d'Eurostat ou sur d'autres enquêtes nationales collectant des données similaires. La plupart de ces études utilisent des données transversales et, seulement dans un petit nombre de cas, des données de panel. La première estimation du modèle a été réalisée sur des données françaises, mais la recherche a depuis été élargie à la plupart des pays européens et au-delà. Les études multi-pays sont devenues courantes. Certaines des premières études ont été conduites seulement sur le secteur industriel mais l'intérêt pour le secteur des services est croissant. Enfin, il semble que, plus récemment, un intérêt particulier se développe touchant à la nationalité des entreprises innovantes.

Dans la plupart des études empiriques conduites au niveau des entreprises qui visent à expliciter la relation entre innovation et performance, deux types de liens ont été testés indépendamment l'un de l'autre :

- d'un côté, on a cherché à expliquer le lien entre les dépenses d'investissement en R&D (représentant l'input d'innovation) et les résultats obtenus à travers les dépôts de brevets (mesurant l'output d'innovation)
- d'autres études économétriques ont tenté de mesurer l'influence des investissements de R&D sur l'évolution de la productivité de l'entreprise.

Pour une revue de la littérature relative aux recherches empiriques sur l'innovation et la productivité, on se reportera à Mairesse et Sassenou (1991), et Hall et Mairesse (2006).

Les résultats obtenus varient fortement selon le type de données utilisées (données en coupe ou données longitudinales) et les spécifications des modèles testés. Dans la première approche, le lien à la performance globale de l'entreprise n'est pas pris en compte, tandis que dans la seconde, le résultat de

l'innovation, c'est-à-dire la production d'une connaissance valorisable, est négligée. Or, l'activité de R&D est conduite dans l'espoir de créer de nouveaux produits, services ou façons de produire et ce sont ces résultats qui sont susceptibles d'avoir un impact sur les performances de l'entreprise, impact que l'on cherche à identifier et à mesurer.

Pour ce faire, il convient de représenter l'enchaînement des actions qui conduisent :

- d'une part, à décider ou non de s'engager dans des activités d'innovation et, simultanément, d'engager des dépenses de R&D,
- et d'autre part, à en recueillir éventuellement les fruits, dont on s'attend à ce qu'ils aient une influence sur les performances de l'entreprise mesurées par un indicateur de productivité.

Comme le fait qu'une entreprise innove ou non n'est pas le fruit du hasard mais le résultat d'une décision, la décision doit, elle aussi, être représentée, afin d'en identifier les déterminants.

Le modèle CMD s'attache à rendre compte de cet enchaînement à travers un système de quatre équations dans lequel la fonction de production joue un rôle central : elle permet à la fois de représenter la production de l'entreprise et de décrire la relation input-output pour certains types de production, tels que la production de connaissance. Les deux dernières équations du modèle sont directement issues d'une fonction de production de type Cobb-Douglas avec des rendements d'échelle constants. Les quatre équations sont reliées les unes aux autres et sont estimées deux à deux. Les deux premières forment le système du modèle de sélection et les deux suivantes forment un système d'équations simultanées :

1. L'équation de décision d'investissement en R&D de l'entreprise ou équation de sélection
2. L'équation d'investissement de recherche reliant la recherche à ses déterminants
3. L'équation de la fonction de production de connaissances reliant les dépenses d'investissements de R&D à leur résultat c'est-à-dire les produits de l'innovation

4. Enfin, l'équation reliant les produits de l'innovation à la productivité de l'entreprise

3.2 Les variables du modèle : Les variables dépendantes

- ⇒ La première variable dépendante (décision d'investir dans l'équation de sélection) est construite à partir des questions de l'enquête relatives à l'innovation et aux investissements en R&D. Si l'entreprise déclare avoir introduit une innovation de produit ou de procédé au cours des deux années précédentes et que ses dépenses d'innovation sont positives, alors elle est considérée comme entreprise innovante engagée dans un processus d'innovation et de R&D.
- ⇒ Dans la deuxième équation, la variable dépendante (l'investissement réalisé dans les activités d'innovation) est construite en calculant le niveau d'investissement par employé utilisant la définition la plus large des dépenses d'investissement consenties en vue de réaliser des produits ou de mettre en œuvre des procédés nouveaux ou améliorés. La somme comprend l'ensemble des dépenses internes et externes ainsi que les acquisitions de matériels de logiciels et d'autres types de connaissances.
- ⇒ Dans la troisième équation, la variable dépendante (les résultats de l'innovation dans l'équation de production de connaissance) est mesurée par le montant du chiffre d'affaire par employé obtenu par la vente des produits nouveaux ou améliorés.
- ⇒ Enfin, dans la dernière équation, la définition retenue pour mesurer la productivité est le chiffre d'affaire par employé puisque c'est la seule mesure disponible et fiable.

3.3 Les variables du modèle : Les variables exogènes communes

Dans chacune des quatre équations à estimer, les variables explicatives communes sont :

- la taille mesurée par le nombre d'employés,
- l'appartenance à un groupe national ou étranger,
- le secteur d'activité

- et le caractère de start-up de l'entreprise (installée depuis moins de 5 ans).

Conformément aux faits stylisés, on s'attend à ce que la probabilité d'innover et la part des dépenses de R&D rapportées au chiffre d'affaire, augmentent avec la taille de l'entreprise. De plus, la littérature sur l'organisation industrielle s'accorde sur l'existence d'une différence significative selon la nature nationale ou internationale de la propriété des entreprises. Les entreprises dont la propriété est étrangère semblent systématiquement être surreprésentées dans les secteurs dont les dépenses de R&D représentent une part importante du chiffre d'affaire et des coûts. De plus, ces secteurs sont caractérisés par des taux de croissance et de productivité importants (Markusen, 1995). Ainsi, on s'attend à ce que les entreprises dont la propriété est étrangère aient une propension à innover plus importante, des investissements en R&D et des revenus liés aux innovations plus élevés et une productivité du travail plus forte.

On cherche maintenant à identifier le rôle joué par les investissements immatériels dans l'économie de la connaissance et à déterminer jusqu'à quel point les deux types d'investissement matériel et immatériel sont reliés. Deux versions du même système d'équations sont estimées, l'une incorporant les investissements immatériels et l'autre pas. Malheureusement, toutes les entreprises n'ont pas indiqué leurs investissements en biens matériels. Par conséquent, des degrés de liberté sont perdus dans la seconde estimation.

Comme on suppose généralement que l'impact des investissements sur la production et la productivité est décalé, les investissements en biens matériels sont pris en compte à partir de 2002. Dans ce type de modèle, il est habituel d'inclure également une mesure du capital humain. Malheureusement, l'absence de données fiables ne nous permet pas d'étudier l'influence d'une telle variable dans notre modèle.

Les variables explicatives décrites jusqu'ici sont communes à l'ensemble des équations du modèle, quatre autres variables communes ont également été ajoutées : Les investissements en biens matériels précédemment mentionnés, l'augmentation ou la diminution du chiffre d'affaire due à des changements intervenus dans la structure de l'entreprise (fusion ou vente partielle) et l'innovation de processus. Il est important de contrôler ces étapes du cycle de

vie de l'entreprise puisqu'elles peuvent correspondre à des performances différentes.

3.4 Les variables du modèle : Les variables exogènes spécifiques à chaque équation

3.4.1 L'équation de sélection ou équation de décision d'investissement en R&D de l'entreprise

Les autres variables explicatives de l'équation rendant compte de l'engagement en R&D et de l'innovation concernent :

- Les facteurs principaux par lesquels les entreprises sont en compétition sur leur marché (les prix, la qualité, les technologies)
- et les menaces perçues pour leur position de marché par les entreprises.

Ces menaces peuvent provenir de changements soudains et inattendus de la part des concurrents ou de modifications imprévisibles dans les préférences des consommateurs. Il est intéressant de voir si le comportement des entreprises varie selon leur perception des menaces pour leur position de marché et en particulier si cela influence la probabilité de se lancer dans des activités d'innovation. En d'autres termes, on peut se demander si le moteur de l'innovation est plutôt lié à la nécessité d'affronter la concurrence ou de s'adapter aux modifications des goûts des consommateurs. On étudiera en outre l'influence des facteurs de compétitivité tels que le prix, la qualité ou le changement technologique, sur la probabilité d'innover.

3.4.2 L'équation d'investissement de recherche reliant la recherche à ses déterminants

Dans l'équation des dépenses d'investissement, le montant investi est expliqué par :

- l'existence d'activités d'innovation de processus,
- le fait de percevoir des subventions,
- la permanence des d'activités d'innovation conduites,
- la mise en œuvre de méthodes formelles de protection des produits de l'innovation,
- et un indicateur de capacité d'appropriation de connaissances externes.

Les subventions sont représentées par une variable binaire car les montants ne sont malheureusement pas disponibles.

On s'attend à ce que les entreprises qui développent des activités d'innovation de processus, qui ont reçu des subventions ou qui poursuivent des activités de R&D aient des dépenses de R&D plus élevées. La mise en œuvre de méthodes formelles de protection des innovations et le fait de développer des activités de R&D permanentes peuvent être vus comme des indicateurs des activités et des dépenses passées. Ils compensent dans une certaine mesure l'absence d'informations datées sur les dépenses de R&D antérieures puisque nous avons vu que les dépenses de R&D tendent à dépendre des trajectoires antérieures.

La variable de capacité d'appropriation des connaissances est construite en utilisant les réponses du questionnaire d'enquête relatives aux moyens mis en œuvre pour acquérir des connaissances technologiques. Sept catégories de ressources internes et externes, non exclusives l'une de l'autre, sont suggérées. La somme des catégories utilisées comme ressources est prise comme variable proxy de la capacité de l'entreprise à incorporer de nouvelles connaissances. Plus le score s'approche de 7 plus cette capacité est considérée comme élevée. L'enquête ne fait pas référence explicitement à une acquisition de connaissance faisant l'objet d'une transaction financière. Toutefois, il est vraisemblable qu'une entreprise capable d'identifier et de faire appel à des sources de connaissances externes dispose déjà d'un niveau de connaissance en interne suffisant et il semble raisonnable de supposer que plus l'indicateur de capacité d'absorption est important plus les dépenses de R&D devraient être élevées.

3.4.3 L'équation de la fonction de production de connaissances reliant les dépenses d'investissements de R&D à leur résultat, c'est-à-dire les produits de l'innovation

Les variables supplémentaires ajoutées dans l'équation décrivant la fonction de production de connaissance sont :

- la part du chiffre d'affaire provenant de la vente de produits nouveaux pour le marché,
- la part du chiffre d'affaire provenant des innovations de processus,

- la part du chiffre d'affaire provenant des subventions reçues,
- les capacités à intégrer des connaissances nouvelles,
- et les coopérations de R&D quelque soit le type de partenaire impliqué.

Au Luxembourg, les règles d'attribution des subventions favorisent la coopération avec des partenaires étrangers. Le coefficient de corrélation entre les entreprises subventionnées et le fait de développer des coopérations avec des partenaires étrangers est 0,32.

Si une entreprise introduit un produit nouveau pour le marché, on s'attend à ce que les ventes issues des innovations augmentent puisque les entreprises sont capables de recueillir les gains de la nouveauté du produit.

Pour cette équation des variables relatives aux différents déterminants de l'innovation tels que la demande, les contraintes de coûts, et les obligations légales ont également été créées. Les premières sont déduites des déclarations des entreprises concernant leurs motivations à innover. La dernière résulte de la compilation des contraintes légales en matière d'environnement, de santé et de sécurité citées comme déclencheur. De plus, on tente de mesurer l'impact des freins aux dépenses d'innovation : les facteurs identifiés par les entreprises tels que le manque d'information, les coûts, et la saturation du marché sont utilisés comme variables exogènes mais pour l'instant, on ne fait aucune hypothèse sur le sens de leur effet.

3.4.4 L'équation reliant les produits de l'innovation à la productivité de l'entreprise.

On suppose que les innovations de processus accélèrent la productivité, cependant il faut un certain délai pour que l'effet devienne perceptible. Malheureusement, dans l'enquête CIS4 les revenus de l'innovation, la productivité et le processus d'innovation se rapportent à la même période.

Les subventions reçues, la capacité à incorporer des connaissances nouvelles et la coopération avec des partenaires étrangers devraient provoquer une augmentation des résultats liés à l'innovation puisque la propension à recevoir ces subventions, intégrer des connaissances nouvelles et participer à des

coopérations internationales en R&D, sont des indicateurs du dynamisme et de professionnalisme des entreprises.

Toutefois, les facteurs explicatifs les plus importants dans ces équations sont les investissements en R&D dans la fonction de production de connaissance et le produit de l'innovation dans l'équation de productivité. Lorsque les deux types d'investissement – matériels et R&D – sont inclus dans la fonction de production de connaissance, les résultats indiquent le type d'investissement qui a le plus d'influence sur la production de connaissance. Il en va de même pour la production d'innovation et les investissements en biens matériels lorsqu'on effectue la régression sur la productivité.

Enfin, certaines variables habituellement utilisées dans ce type de travaux ont été exclues car elles sont inutilisables dans le cas du Luxembourg. Cela concerne par exemple l'identification des produits et services vendus à l'étranger. Dans le cas d'une petite économie ouverte disposant d'une position géographique centrale, il est difficile de distinguer entre marché national et marché international. On sait que 5% seulement des entreprises interrogées considèrent leur marché local/national comme leur marché principal. De plus, il semble que la variable « capital humain » pose des problèmes de fiabilité, elle a donc été supprimée.

4 Les résultats des estimations

A travers les statistiques descriptives, on a vu que quelques investisseurs très importants en R&D sont localisés au Luxembourg et par suite, la distribution des investissements en R&D est très inégale. De plus, le rôle prépondérant du secteur financier dans l'innovation et la R&D a été mis en évidence. Il est donc vraisemblable qu'un petit nombre d'observations détermine les résultats. Afin de tenir compte de ces éléments, les estimations sont réalisées sur trois ensembles de données distincts

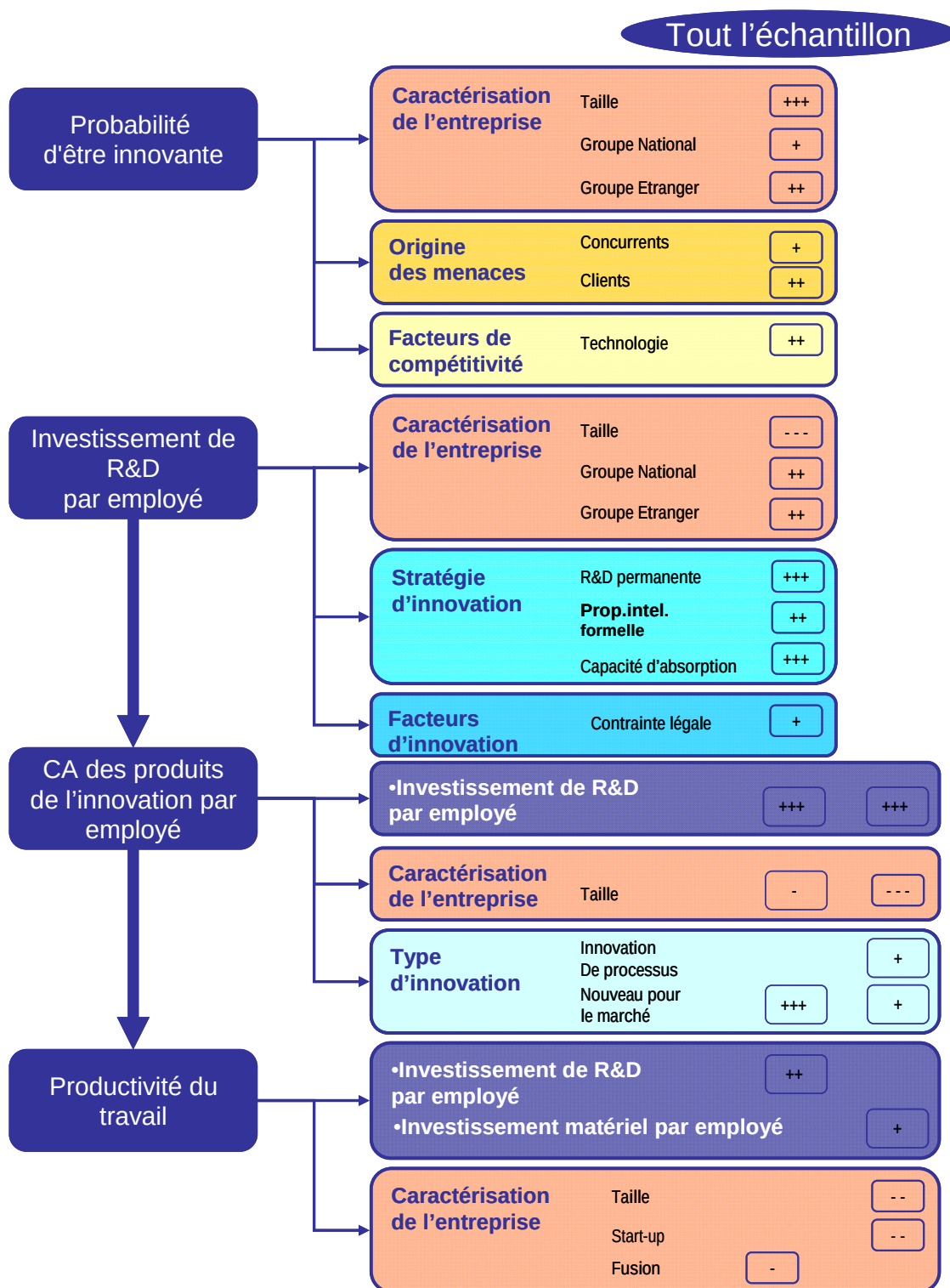
1. l'échantillon global
2. le sous-échantillon, dont les 10% des plus gros investisseurs en R&D – les acteurs majeurs de l'innovation - ont été exclus dans chaque secteur,
3. le sous-échantillon, dont les entreprises du secteur financier ont été éliminées.

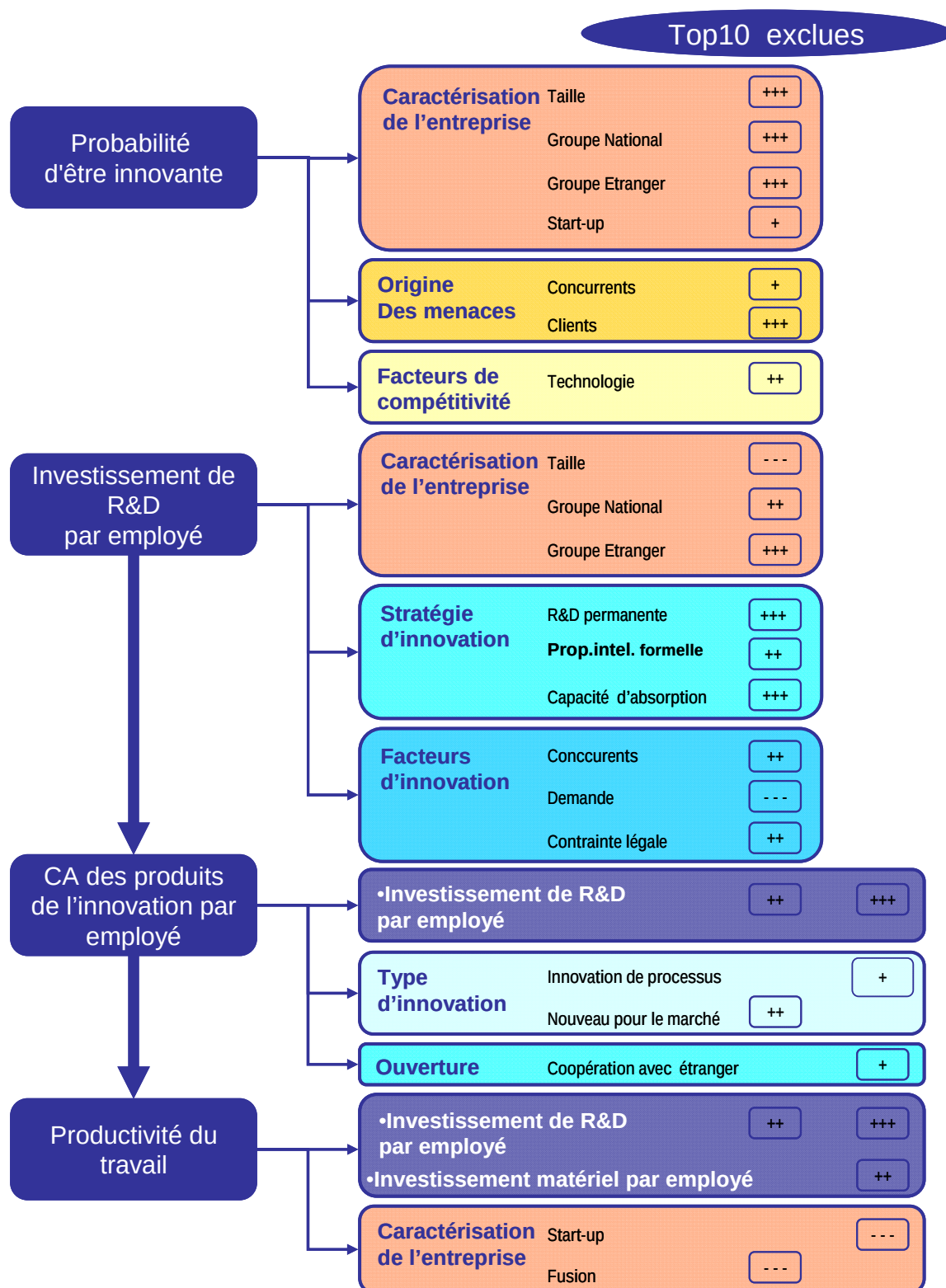
Cette approche est adoptée afin d'identifier l'influence de chaque groupe sur les résultats globaux. Idéalement, des résultats séparés auraient dû être calculés pour chaque groupe, mais le nombre d'observations de chaque sous-groupe est insuffisant pour permettre de procéder à des estimations. L'utilisation de ces différents échantillons peut être vue comme un test de sensibilité des résultats à la présence des différents groupes identifiés.

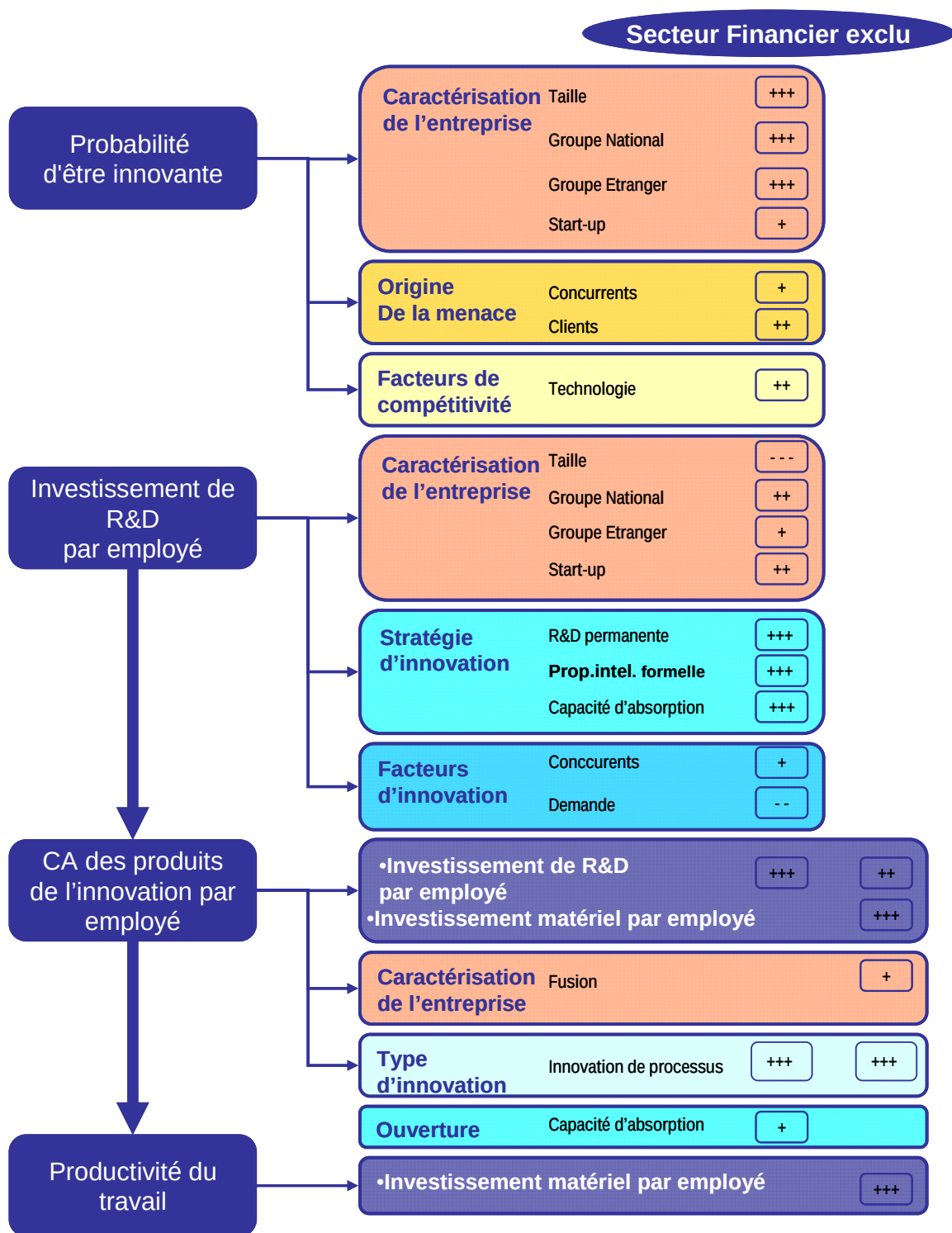
Le fait que les résultats globaux confirment l'hypothèse générale selon laquelle d'une part, l'investissement en R&D augmente la production d'innovation et d'autre part, cette dernière augmente la productivité, constitue en soi un résultat majeur et novateur du travail économétrique entrepris sur les données luxembourgeoises. Les bases de données excluant les investisseurs majeurs ou les entreprises du secteur financier ou encore l'équation excluant les investissements dans les biens matériels comme variable exogène donnent des effets plus contrastés sur la productivité. Toutefois, dans tous les cas, l'influence des investissements en R&D sur la production d'innovation reste identique.

Dans ce qui suit, les résultats sont présentés d'abord de façon synthétique, à travers trois schémas puis commentés de façon plus détaillée, équation par équation dans les paragraphes qui suivent. Les résultats détaillés des estimations figurent en annexe 3.

Les trois schémas présentent pour chaque échantillon et pour chaque équation du modèle, les variables dont les paramètres estimés sont significatifs. Le degré de significativité et le signe du paramètre estimés sont repris dans les petits carrés figurés à droite du nom de la variable. Ils sont exprimés par des signes plus et des signes moins : +++, signifie que le paramètre estimé est très significatif et que la variable a un impact positif sur la variable endogène de l'équation dont l'intitulé figure dans la boîte bleue à laquelle elle est reliée. De la même façon, (-) signale une variable dont le paramètre estimé est significatif et l'impact sur la variable expliqué, négatif. Pour les deux dernières équations, les résultats des équations incorporant les investissements matériels sont ajoutés dans la colonne de signes située à droite.







4.1 Equation 1 : De la probabilité d'être « innovant »

Globalement¹⁷, il semble que les coefficients estimés soient relativement stables d'un échantillon à l'autre tant en ce qui concerne leur signe et leur importance que leur significativité. Comme dans la plupart des études antérieures, la probabilité d'être une entreprise innovante augmente avec la taille de l'entreprise. Elle augmente aussi avec le fait d'appartenir à un groupe. Il semble que les entreprises qui perçoivent des risques de changements dans les préférences des consommateurs ou dans les comportements des concurrents menaçant leur position de marché, ont plus de chance d'être engagées dans des activités d'innovation. Par conséquent, le degré de concurrence et la pression de la demande sont importants au moins pour ce qui concerne la prise de décision.

Enfin, ces résultats suggèrent que les jeunes entreprises sont plus souvent « innovantes », le coefficient n'est significatif que dans un cas mais très proche des bornes de significativité dans les autres cas. Il se peut que les jeunes entreprises utilisent les nouveaux produits pour ouvrir des marchés et des innovations de processus pour rester compétitif en prix. Rappelons toutefois que l'échantillon ne concerne que les entreprises de plus de dix salariés, ce qui n'est sans doute pas représentatif de l'ensemble des jeunes entreprises. Enfin, les innovations ont d'autant plus de chance d'être développées par l'entreprise que cette dernière accorde un niveau d'importance haut ou moyen au fait d'être en avance technologique pour sa compétitivité.

4.2 Equation 2 : Des facteurs expliquant les investissements en R&D

Dans cette estimation¹⁸, les coefficients varient un peu plus selon l'échantillon servant de base à l'estimation. Toutefois, leur significativité reste stable d'une estimation à l'autre.

Les résultats confirment le fait que les entreprises les plus petites investissent des montants plus importants de R&D par employé.

¹⁷ Cf. Annexe 3 : Le tableau 6 présente les résultats concernant la probabilité d'être engagée dans des activités d'innovation.

¹⁸ Le tableau 7 présente en annexe 3 les résultats de l'équation des dépenses de R&D.

Comme il n'y a pas de lien fort entre la taille de l'entreprise et le fait d'appartenir à un groupe, les deux variables gardent chacune leur part d'influence. La catégorie « Entreprise appartenant à un groupe » recouvre une grande variété puisqu'il n'y a pas de distinction entre les grands et les petits établissements. Les grands établissements peuvent inclure des investisseurs majeurs en R&D, de même que les petites filiales relevant de branches très spécialisées. Dans les deux cas, les entreprises considérées satisfont à la fois au critère d'appartenance à un groupe et au fait d'investir massivement dans la R&D.

Il s'avère que les entreprises récemment installées qui investissent de façon conséquente en R&D, reçoivent des subventions et n'appartiennent pas au secteur financier. Ceci explique l'inversion du signe des coefficients relatifs aux jeunes entreprises et au fait de recevoir des subventions selon les échantillons. Ces entreprises n'ont pas été considérées comme des cas aberrants dans l'échantillon car elles ne semblent pas influencer les résultats dans les autres équations estimées. Les dépenses de R&D ne sont pas significativement plus élevées dans les entreprises ayant reçu des subventions.

Les subventions couvrent seulement une petite partie des dépenses liées aux projets de R&D, et leur influence sur l'ensemble du budget de R&D peut être faible. Les entreprises qui développent des programmes permanents de R&D, utilisent des méthodes formelles pour protéger leurs innovations ou bien, ont un niveau élevé pour l'indicateur de capacité à intégrer des connaissances nouvelles, semblent avoir une intensité de R&D supérieure. Activités de R&D permanentes, formalisation de la propriété intellectuelle ¹⁹ et forte capacité d'acquisition des connaissances externes caractérisent très vraisemblablement les efforts antérieurs et le professionnalisme d'une unité spécialisée en R&D.

Si l'incitation à innover prend sa source dans la nécessité de satisfaire aux exigences légales en matière d'environnement, de santé ou de sécurité, alors les dépenses de R&D sont plus élevées. Les dépenses plus élevées pourraient être dues à des ensembles d'échéances fixées par les autorités. Se conformer à la législation ne donnerait pas à l'entreprise suffisamment de temps pour optimiser la structure de ces coûts dans la production.

¹⁹ L'appropriation formelle désigne les brevets, marques déposées et copyrights détenues par l'entreprise et issus de recherches conduites au Luxembourg.

4.3 Equation 3 : La fonction de production de connaissance

La taille n'apporte aucun bénéfice à l'entreprise dans la production de connaissance. Le signe est négatif dans toutes les régressions²⁰ et significatif seulement dans l'échantillon complet. Un point intéressant concerne l'alternance de signe positif et négatif pour le coefficient estimé des entreprises dont le chiffre d'affaire s'est accru à la suite d'une fusion survenue dans la période de l'enquête. Le signe est positif lorsque les investissements en biens matériels figurent comme variable de contrôle, négative sinon. La logique de la fusion consiste peut-être dans l'amélioration de la performance en matière d'innovation. Il existe une littérature séparée discutant le lien entre fusion et acquisition d'une part et R&D et innovation d'autre part. L'hypothèse générale est que les entreprises dont les performances en R&D sont élevées sont plus susceptibles de constituer des cibles pour les activités de fusion-acquisition. Lorsqu'on s'intéresse aux résultats en termes de productivité, il semble que les fusions aient un impact négatif. Les effets d'une fusion se font probablement sentir d'abord sur les activités d'innovation et seulement plus tard sur la productivité.

En général, les innovations de processus améliorent les résultats de l'innovation mesurés par les ventes de nouveaux produits ou de services. Cela peut signifier que pour produire et réaliser des profits avec de nouveaux produits, le processus de production doit être rationalisé ou complètement modifié. Innovation de produits et innovation de processus seraient complémentaires et dépendraient l'un de l'autre. Une autre hypothèse serait que pour certains secteurs, la distinction entre innovation de produit et innovation de processus n'a pas de signification claire (production et vente de service via Internet par exemple).

L'introduction de produits nouveaux sur le marché permet aux entreprises d'accumuler des profits liés à la nouveauté puis d'améliorer leurs performances en matière d'innovation. Ces résultats indiquent en outre que les subventions publiques n'ont pas d'effet très clair sur la production d'innovation, puisque le signe du coefficient estimé varie et reste non significatif. La relation entre subventions publiques et performances des entreprises en termes d'innovation

²⁰ Le tableau 8 présente en annexe 3 les résultats de la fonction de production de connaissance.

est beaucoup plus complexe que ce que cette régression peut capturer. Par exemple, si le coefficient était positif et significatif tandis que la causalité entre subvention et performance était incertaine, les organismes en charge d'accorder les subventions pourraient être soupçonnés de distribuer des fonds à des bénéficiaires qui ne les utilisent pas pour accroître leurs performances et se voir reprocher leur méthode de sélection.

4.4 Equation 4 : Innovation et productivité

L'impact de la production d'innovations sur la productivité²¹ est variable et dépend dans une certaine mesure de l'incorporation des investissements en capital matériel. Une exploration plus approfondie des résultats suggère que la productivité est plus faible dans les jeunes entreprises, ce qui n'est pas surprenant puisque les entreprises nouvellement installées sont encore à la recherche de leur structure et de leurs processus optimaux. Il semble difficile de conclure définitivement en ce qui concerne les autres variables. Par exemple, le rôle de la taille dans l'estimation de l'équation de productivité est incertain. Dans les deux premiers échantillons, l'impact est négatif mais pas toujours significatif et dans le dernier échantillon, il est positif et non significatif.

Les résultats de l'estimation de la productivité dépendent de l'échantillon utilisé. L'importance et la significativité des coefficients sont modifiés de façon importante. Dans l'échantillon global excluant les investissements dans les biens matériels, la production d'innovation a une influence positive et significative mais le coefficient estimé perd de son pouvoir explicatif lorsque les biens matériels sont incorporés. Les investissements en biens matériels ont une influence positive et significative mais le coefficient estimé est plus petit que celui de la production d'innovation.

La mesure de l'influence des dépenses de R&D sur la productivité suggère qu'un accroissement de 10% des investissements de R&D par employé augmente la productivité d'environ 6%. Toutefois, l'effet n'est pas significatif pour l'échantillon dans lequel le secteur financier a été exclu.

Dans les estimations ne tenant pas compte des investissements matériels, le signe, l'importance et la significativité du coefficient de la production

²¹ Cf. Annexe 3 : le tableau 9 présente les résultats de l'estimation de la productivité du travail.

d'innovation restent plus ou moins stables sauf lorsque le secteur financier est exclu de l'échantillon. Lorsque les investissements matériels sont incorporés, l'importance et la significativité de l'influence de la production d'innovation sur la productivité sont variables. L'influence est significative seulement pour l'échantillon dans lequel les 10% des plus gros investisseurs ont été supprimés. Les investissements matériels semblent avoir un effet positif et significatif sur la productivité dans tous les échantillons et l'effet est le plus important dans l'échantillon pour lequel les entreprises du secteur financier ont été éliminées.

Ainsi, les résultats suggèrent que l'impact des produits de l'innovation sur la productivité disparaît lorsque les plus gros investisseurs ou les entreprises du secteur financier sont exclus de l'échantillon ou lorsque les investissements matériels sont incorporés comme variable explicative. L'effet des investissements matériels sur la productivité augmente lorsque les gros investisseurs ou le secteur financier sont exclus de l'échantillon. Il semble qu'en dehors du secteur financier, les investissements matériels ont toujours plus d'impact sur la productivité que les investissements de R&D. Ce résultat peut être interprété comme le signe d'un renforcement du poids des investissements matériels ou bien comme le résultat d'une complémentarité forte entre les différents types d'investissement. Il se pourrait que, afin d'améliorer la production de connaissance en dehors du secteur financier, l'investissement en R&D doive être complété par des investissements en biens matériels. De plus, les biens matériels acquis peuvent incorporer de la R&D et des innovations et ces investissements peuvent eux-mêmes contenir de la R&D externalisée. Enfin, il semble que les performances du secteur financier en matière d'innovation déterminent fortement les résultats globaux²².

5 Synthèse et prochaines étapes

Les résultats du modèle permettent de préciser un certain nombre de point et de formuler de nouvelles hypothèses qui devront être testées ou complétées par des travaux ultérieurs.

²² Cf. Tableau 4 au chapitre précédent

5.1 Faits marquants

- ⇒ L'effet « innovation »: On l'a vu, le modèle estimé ici confirme les résultats généralement obtenus dans ce type d'approche.
 - D'une part, la production de connaissances augmente avec l'investissement consenti pour les activités d'innovation.
 - D'autre part, la production de connaissances fait augmenter la productivité des entreprises.
- ⇒ L'effet « taille »: La probabilité d'innover augmente avec la taille de l'entreprise. En revanche, l'effort consenti par employé diminue ainsi que les résultats obtenus en termes de production de connaissances. Du coup, l'importance de l'effet obtenu dépend plus de l'intensité de l'effort que de son montant dans l'absolu.
- ⇒ L'effet « appartenance à un groupe »: Pour une entreprise, le fait d'appartenir à un groupe augmente clairement à la fois la probabilité de se lancer dans des activités d'innovation et le montant moyen de dépense de R&D consenti par employé. Ensuite, les résultats obtenus en terme de produit d'innovation et d'impact sur la productivité se distinguent nettement selon les secteurs d'activités : les entreprises du secteur financier obtiennent des résultats plus élevés en terme de produits de l'innovation et de productivité du travail que la moyenne des autres secteurs, tandis que les résultats des entreprises de conseil en technologies de l'information et des autres services aux entreprises sont plus faibles que ceux des autres secteurs.
- ⇒ L'effet « concurrence » : On a vu que le degré de concurrence et la pression de la demande perçus par les entreprises sont des facteurs importants dans la décision d'innover et logiquement, d'autant plus que l'entreprise perçoit l'avance technologique comme facteur décisif de la compétitivité sur son marché.
- ⇒ L'effet « Top 10 » : Les entreprises qui investissent massivement dans la R&D, sont, dans tous les secteurs, et de façon significative, beaucoup

plus grandes que la moyenne des firmes de l'échantillon. Leurs investissements en R&D sont avant tout externes et passent notamment par des acquisitions de machines, d'équipements et de logiciels. Les moyennes et grandes entreprises appartenant à un groupe, notamment dans le secteur financier et dans celui du commerce, achètent massivement des connaissances et des équipements à d'autres entreprises. Aussi, il se peut qu'une partie de l'échantillon décrive les clients et les fournisseurs de mêmes activités d'innovation conduites en coopération.

On retiendra ici d'une part la variabilité intersectorielle importante des principaux indicateurs d'innovation envisagés et d'autre part la polarisation systématique dans tous les secteurs.

En ce qui concerne la variabilité sectorielle, il est évident qu'on ne parle pas des mêmes « investisseurs majeurs » lorsque les ordres de grandeurs moyens s'établissent autour de 1 MEUR ou de 17 MEUR d'investissements matériels et les minima dédiés à la R&D à 500 000€ ou à 5 MEUR. De même, qu'on ne parle probablement pas des mêmes types d'innovations dans des secteurs où le rapport entre investissement matériel moyen et investissement minimum des investisseurs majeurs en R&D est de l'ordre de 1 pour 1 (Finances) ou 1 pour 14 (Transports). Enfin, la polarisation intra-sectorielle est réelle dans chaque secteur où un très petit nombre d'entreprises plutôt grandes pour leur secteur d'activités représentent entre la moitié et plus des deux tiers de l'ensemble des efforts consentis par le secteur en matière de R&D. De nouveau, les écarts dans les capacités déployées laissent penser qu'il y a des différences de nature dans les processus d'innovation décrits sinon, comment accepter des écarts de rendements de 1 à 4 dans les résultats obtenus, il faut que les risques pris soient différents.

⇒ L'effet « start-up » : Les activités de R&D ne sont pas principalement le fait d'entreprises récentes sur le marché bien que la propension à innover augmente un peu avec la jeunesse de l'entreprise. Toutefois, les entreprises nouvellement installées et qui innover, investissent des montants par employé importants eu égard à leur petite taille et ce, pour des résultats plutôt incertains en terme de productivité. On a déjà signalé

le fait que ces entreprises n'avaient peut-être pas encore optimisé leurs processus internes. De plus, si les jeunes entreprises utilisent les nouveaux produits pour ouvrir des marchés, il se peut que l'effet des innovations ne soit pas perceptible sur une période d'observation en moyenne plus courte que pour les autres entreprises de l'échantillon. Du coup, ces start-up qui semblent se rapprocher le plus de la définition schumpetérienne de l'entrepreneur innovant devraient sans doute faire l'objet d'une attention particulière et peut-être d'études complémentaires pour mieux les caractériser et identifier l'origine de la faiblesse des résultats obtenus et élucider leur rôle dans les systèmes d'innovation prévalents au Luxembourg.

5.2 Prochaines étapes

Plusieurs modèles d'organisation ou systèmes de production de la connaissance ? Il n'est pas aisé d'articuler les points précédents avec le fait que l'importance des volumes engagés correspond également à une réelle systématisation des processus de production et de valorisation des activités d'innovation. On l'a déjà signalé, les entreprises qui développent des programmes permanents de R&D, utilisent des méthodes formelles pour protéger leurs innovations ou bien, ont une forte capacité à intégrer des connaissances nouvelles, semblent avoir une intensité de R&D supérieure qui signalent l'ancienneté des efforts consentis et la « professionnalisation » d'une unité de R&D spécialisée.

Pour décrire et départager les différents modèles d'organisation qui apparaissent en filigrane de cette étude économétrique, il faudrait encore préciser le degré d'indépendance dans le choix des montants investis par des entités majoritairement dépendantes de groupe et soumises à des contraintes légales fortes (tout au moins pour le secteur financier) et finalement les modalités d'insertion de l'innovation au Luxembourg dans la production de connaissances de l'Europe.

Annexe 1 : Secteurs détaillés		
Secteur	Description	Code NACE
Industrie	Industrie hors gaz et distribution d'eau	15-37
Vente	Commerce de gros	51
Transport	Transport, Stockage et communication	60-64
Finances	Intermédiation financière	65-67
Conseil en Technologie de l'information et autres services aux entreprises	Matériel informatique et activités liées	72
	Architecture et ingénierie	74.2
	Tests et analyses techniques	74.3
	Recherche et Développement	73

Annexe 2 : Statistiques descriptives

Table 1A : Innovation, taille et secteur d'activités,²³

	Innovation de produit et de procédé				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
Toutes Entreprises	47,6	47,6	34,0	64,6	62,7
10-19	29,3	35,1	26,3	57,9	61,0
20-49	46,5	64,2	34,8	53,5	60,2
50-99	58,4	35,4	55,6	85,8	67,3
100-249	55,8	83,3	28,6	70,8	85,7
250->	83,6	1	27,2	86,2	1

	Innovation de produit				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
Toutes Entreprises	31,5	30,0	19,5	59,3	59,6
10-19	10,5	28,1	13,2	52,6	61,0
20-49	34,5	30,6	21,7	53,5	60,2
50-99	33,5	30,2	33,3	78,7	45,1
100-249	42,7	34,2	14,3	57,0	71,4
250->	79,9	1	20,7	77,0	1

	Innovation de procédé				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
Toutes Entreprises	32,9	34,9	26,6	47,6	38,9
10-19	26,0	21,1	21,1	42,1	36,5
20-49	22,8	54,5	21,7	38,0	38,1
50-99	37,2	20,1	50,0	57,3	48,8
100-249	39,2	83,3	28,6	53,2	27,9
250->	73,4	36,1	13,4	77,2	1

²³ Le nombre d'entreprises dans chaque catégorie varie beaucoup. Dans certaines catégories le petit nombre d'entreprises ne permet pas d'assurer la protection des données à caractère personnel avec le découpage retenue ici. La confidentialité des données ne permet pas la publication de chiffres pouvant permettre l'identification individuelle des entreprises concernées pour ces catégories, les chiffres ont donc été supprimés. Dans les estimations, en revanche, toutes les observations ont été utilisées.

Table 2A : Dépenses d'innovation, taille et secteur d'activités

	Dépenses totales d'innovation, unité k€				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-19 ²⁴	403	74	286	213	149
20-49	197	582	782	428	361
50-99	350	106	1185	1198	968
100-249	1112	n.a.	n.a.	3200	n.a.
250->	8047	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Dépenses d'innovation par employé, unité k€				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-19	24,8	4,9	19,9	14,0	10,7
20-49	5,9	17,8	24,4	14,2	10,8
50-99	5,4	1,3	18,9	20,0	12,9
100-249	7,1	n.a.	n.a.	22,1	n.a.
250->	8,7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Dépenses d'innovation en % du chiffre d'affaire				
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-19	16,8	1,8	15,1	1,3	12,8
20-49	4,4	8,0	9,0	6,5	11,7
50-99	3,4	0,7	18,6	3,3	5,4
100-249	5,9	n.a.	n.a.	6,1	n.a.
250->	4,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
n.a. non disponible, n.p. non publié					

²⁴ Le nombre d'entreprises dans chaque catégorie varie beaucoup. Dans certaines catégories le petit nombre d'entreprises ne permet pas d'assurer la protection des données à caractère personnel avec le découpage retenue ici. La confidentialité des données ne permet pas la publication de chiffres pouvant permettre l'identification individuelle des entreprises concernées pour ces catégories, les chiffres ont donc été supprimés. Dans les estimations, en revanche, toutes les observations ont été utilisées.

Table 3A, Revenus de l'Innovation, taille et secteurs d'activités,

Vente de produits de l'innovation/Chiffre d'affaire, moyenne en %					
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-1925	32,5	32,5	28,4	50,2	35,4
20-49	29,8	58,6	19,6	21,8	35,2
50-99	11,4	29,2	19,0	25,6	30,6
100-249	36,0	n.a.	n.a.	19,4	n.a.
250->	20,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Vente de produits de l'innovation /nombre d'employés, 1000 euros					
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-19	31,9	93,7	107,0	1008,7	32,5
20-49	44,8	134,8	41,4	334,7	62,6
50-99	34,9	75,8	14,9	322,4	67,1
100-249	53,4	n.a.	n.a.	80,5	n.a.
250->	55,3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Revenus de l'innovation/Dépenses de R&D					
	Industrie	Commerce	Transport	Finances	Conseil TI et autres services aux entreprises
10-19	10,1	54,6	9,4	64,2	19,9
20-49	14,8	57,0	14,0	46,9	9,5
50-99	18,6	134	6,0	24,3	14,1
100-249	11,0	n.a.	n.a.	18,1	n.a.
250->	19,8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

²⁵ Le nombre d'entreprises dans chaque catégorie varie beaucoup. Dans certaines catégories le petit nombre d'entreprises ne permet pas d'assurer la protection des données à caractère personnel avec le découpage retenue ici. La confidentialité des données ne permet pas la publication de chiffres pouvant permettre l'identification individuelle des entreprises concernées pour ces catégories, les chiffres ont donc été supprimés. Dans les estimations, en revanche, toutes les observations ont été utilisées.

Annexe 3 : Résultats des estimations

Tableau 6. Probabilité d'être innovante

		Echantillon Total		Top 10% investisseurs exclus.		Finance exclue.	
		Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.
Caractérisation de l'entreprise	Taille	0,253***	(0,06)	0,176***	(0,06)	0,237***	(0,06)
	Groupe National	0,374*	(0,20)	0,519***	(0,17)	0,454***	(0,17)
	Groupe Etranger	0,380**	(0,16)	0,420***	(0,15)	0,405***	(0,16)
	Start-up : jeune entreprise	0,403	(0,29)	0,480*	(0,29)	0,472	(0,29)
Secteur d'activités	Commerce	0,0255	(0,21)	-0,0458	(0,19)	-0,107	(0,19)
	Transport	-0,339*	(0,18)	-0,470***	(0,18)	-0,436**	(0,18)
	Finance	0,409*	(0,21)	0,329	(0,21)		
	Conseil TI et autres Services aux entreprises	0,461**	(0,20)	0,319*	(0,19)	0,349*	(0,19)
Menaces pour la position de marché	Concurrents	0,354*	(0,20)	0,315*	(0,17)	0,353*	(0,18)
	Clients	0,613**	(0,28)	0,932***	(0,26)	0,679**	(0,30)
Facteurs de compétitivité	Prix	0,0283	(0,20)	-0,0244	(0,19)	0,0857	(0,22)
	Qualité	0,182	(0,21)	0,178	(0,21)	0,356	(0,24)
	Technologie	1,156**	(0,46)	1,183**	(0,50)	1,204**	(0,48)
	Constante	-2,204***	(0,38)	-2,173***	(0,38)	-2,265***	(0,40)
	Chi-2 (19/18)	123,17***		127,28***		80,26***	
	Wald	0,05	0,81	0,42	0,52	0,36	0,55

Notes: * significatif à 10%, ** à 5%, *** 1%;

Catégories de référence: Entreprise du Secteur Industriel n'appartenant pas à un groupe

Note : Les variables dépendantes des équations 2 à 4 sont exprimées en logarithme. Les résultats peuvent donc s'interpréter comme des élasticités. Ainsi, une augmentation de 10% des dépenses de R&D par employé provoque un accroissement d'environ 2% de la production d'innovation par employé (voir Tableau 7.) Ou encore, 10% d'augmentation des investissements en biens matériels conduisent à une augmentation de 2% des revenus de l'innovation (Voir la dernière colonne du tableau 8.) Qui plus est, lorsque les revenus de l'innovation ont un effet significatif sur la productivité, une augmentation de 10% fait varier la productivité d'environ 3% (voir tableau 9.)

Tableau 7. Facteurs influençant le niveau d'investissement en R&D.

	Investissement de R&D par employé	Echantillon Total		Top 10% investisseurs exclus.		Finance exclue.	
		Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.
Caractérisation de l'entreprise	Taille	-0,386***	(0,12)	-0,672***	(0,093)	-0,344***	(0,12)
	Groupe National	0,610**	(0,28)	0,614**	(0,24)	0,633**	(0,30)
	Groupe Etranger	0,685**	(0,28)	0,577***	(0,22)	0,481*	(0,27)
	Start-up : jeune entreprise	0,339	(0,43)	-0,0666	(0,36)	0,907**	(0,42)
Secteur d'activités	Commerce	-0,150	(0,29)	-0,361	(0,25)	-0,314	(0,29)
	Transport	-0,129	(0,38)	-0,341	(0,28)	-0,229	(0,33)
	Finance	0,804***	(0,27)	0,476**	(0,24)		
	Conseil TI et autres Services aux entreprises	0,255	(0,29)	0,00481	(0,24)	0,360	(0,28)
Stratégie d'Innovation	Innovation de processus	0,222	(0,23)	0,194	(0,18)	0,162	(0,23)
	Subventions publiques	0,263	(0,23)	0,0945	(0,18)	0,320	(0,21)
	R&D permanente	0,533***	(0,20)	0,623***	(0,16)	0,551***	(0,20)
	Prop. Intellectuel formelle	0,485**	(0,20)	0,346**	(0,16)	0,556***	(0,20)
	Capacité d'absorption	0,202***	(0,06)	0,193***	(0,052)	0,229***	(0,06)
Incitation à innover	Pression des concurrents	0,299	(0,24)	0,399**	(0,18)	0,423*	(0,23)
	Evolution de la demande	-0,645	(0,42)	-0,749***	(0,29)	-0,722**	(0,36)
	Contrainte légale	0,321*	(0,19)	0,351**	(0,17)	0,311	(0,21)
Frein à l'innovation	Accès à l'information	0,225	(0,18)	0,244	(0,16)	0,244	(0,20)
	Coûts	-0,0541	(0,18)	-0,141	(0,16)	-0,171	(0,20)
	Marché	0,0507	(0,20)	-0,121	(0,16)	0,0648	(0,20)
	Constante	8,217***	(0,89)	9,857***	(0,75)	7,863***	(0,98)
Nombre d'observations		Censored 670, uncensored 608		Censored 665, uncensored 554		Censored 561, uncensored 430	

Notes: * significatif à 10%, ** à 5%, *** 1%;

Catégories de référence: Entreprise du Secteur Industriel n'appartenant pas à un groupe

Tableau 8. La fonction de production de connaissance: les produits de l'innovation comme variable dépendante.

Produits de l'innovation par employé		Echantillon				Sous-échantillon				Sous-Echantillon hors secteur Financier			
								hors investisseurs majeurs en R&D					
		Coeff,	s.e.	Coeff,	s.e.	Coeff,	s.e.	Coeff,	s.e.	Coeff,	s.e.	Coeff,	s.e.
Investissements	R&D par employé	0,21***	(0,07)	0,31***	(0,08)	0,21**	(0,09)	0,29***	(0,10)	0,19***	(0,07)	0,18**	(0,07)
	biens matériels par employé			0,09	(0,07)			0,08	(0,07)			0,20***	(0,07)
Type d'entreprises	Taille	-0,23*	(0,12)	-0,34***	(0,12)	-0,18	(0,14)	-0,23	(0,14)	-0,07	(0,11)	-0,10	(0,12)
	Groupe National	0,22	(0,32)	-0,16	(0,37)	0,01	(0,35)	-0,50	(0,39)	0,18	(0,30)	0,006	(0,34)
	Groupe Etranger	0,21	(0,29)	0,01	(0,33)	0,04	(0,32)	-0,19	(0,34)	0,14	(0,26)	-0,03	(0,29)
	Start-up : jeune entreprise	0,23	(0,39)	-0,87	(0,66)	0,25	(0,43)	-0,95	(0,68)	-0,07	(0,38)	-0,49	(0,67)
	Fusion	-0,10	(0,36)	0,64	(0,45)	-0,04	(0,42)	0,76	(0,49)	-0,11	(0,39)	0,82*	(0,46)
	Downsizing	0,17	(0,74)	0,31	(0,74)	0,34	(0,84)	0,56	(0,83)	0,40	(0,59)	0,16	(0,61)
Secteur d'activités	Commerce	1,04***	(0,37)	1,21***	(0,44)	1,21***	(0,40)	1,50***	(0,46)	1,07***	(0,32)	1,40***	(0,37)
	Transport	-0,03	(0,39)	0,24	(0,42)	0,13	(0,45)	0,53	(0,45)	0,13	(0,35)	0,36	(0,36)
	Finance	1,17***	(0,32)	1,11***	(0,36)	1,41***	(0,36)	1,57***	(0,39)				
	Conseil TI et autres Services aux entreprises	-0,28	(0,35)	-0,27	(0,38)	-0,16	(0,36)	0,01	(0,38)	-0,13	(0,29)	0,19	(0,31)
Type d'innovation	Innovation de processus	0,33	(0,21)	0,44*	(0,24)	0,36	(0,23)	0,43*	(0,25)	0,58***	(0,21)	0,76***	(0,23)
	Nouveauté pour le marché	0,58***	(0,21)	0,43*	(0,23)	0,47**	(0,23)	0,20	(0,25)	0,33	(0,22)	0,19	(0,23)
	Subventions publiques	0,12	(0,26)	0,09	(0,27)	0,28	(0,29)	0,28	(0,30)	-0,09	(0,25)	-0,12	(0,25)
Ouverture	Capacité d'acquisition des connaissances externes	0,07	(0,07)	0,006	(0,07)	0,09	(0,07)	0,05	(0,08)	0,13*	(0,07)	0,05	(0,07)
	Coopération avec l'étranger	0,15	(0,22)	0,29	(0,25)	0,26	(0,25)	0,49*	(0,28)	0,29	(0,22)	0,26	(0,26)
	Ratio de Mill	0,22	(0,55)	-0,89	(0,56)	-0,42	(0,55)	-1,08*	(0,55)	-0,30	(0,48)	-0,52	(0,47)
	Constante	8,49***	(1,08)	8,07***	(1,18)	8,41***	(1,23)	7,89***	(1,37)	8,14***	(0,95)	6,83	(1,08)
R2		0,347		0,3449		0,3030		0,3912		0,3222		0,3103	
Nombre d'observations		469		332		418		291		308		225	

Notes: * significatif à 10%, ** à 5%, *** 1%; Catégories de référence: Entreprise du Secteur Industriel n'appartenant pas à un groupe

Tableau 9. L'équation de productivité: La productivité du travail comme variable dépendante.

Productivité du travail		Echantillon				Sous-échantillon hors investisseurs majeurs en R&D				Sous-Echantillon hors secteur Financier			
		Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.	Coeff.	s.e.
Investissements	R&D par employé	0,307**	(0,13)	0,183	(0,12)	0,296**	(0,13)	0,288***	(0,11)	0,0750	(0,16)	0,132	(0,17)
	biens matériels par employé			0,0919*	(0,05)			0,107**	(0,05)			0,190***	(0,06)
Type	Taille	-0,0932	(0,063)	-0,153**	(0,07)	-0,0856	(0,069)	-0,0575	(0,08)	0,0121	(0,06)	0,0428	(0,06)
d'entreprises	Groupe National	0,248	(0,20)	0,216	(0,25)	0,282	(0,19)	0,219	(0,27)	0,422**	(0,19)	0,123	(0,21)
	Groupe Etranger	0,157	(0,19)	0,0858	(0,23)	0,127	(0,19)	0,00321	(0,23)	0,348*	(0,20)	0,201	(0,18)
	Start-up : jeune entreprise	-0,345	(0,31)	-1,278**	(0,52)	-0,434	(0,33)	-1,389***	(0,44)	-0,226	(0,39)	-0,787	(0,88)
	Fusion	-0,515*	(0,28)	-0,250	(0,24)	-0,737***	(0,26)	-0,392	(0,24)	-0,636*	(0,33)	-0,0818	(0,32)
Secteur d'activités	Rationalisation	0,137	(0,73)	0,438	(0,86)	0,209	(0,81)	0,458	(0,86)	0,332	(0,96)	0,201	(0,79)
	Commerce	0,269	(0,22)	0,374	(0,25)	0,285	(0,23)	0,353	(0,24)	0,540**	(0,25)	0,580*	(0,31)
	Transport	0,227	(0,21)	0,285	(0,25)	0,288	(0,24)	0,370	(0,24)	0,179	(0,24)	0,272	(0,25)
	Finance	0,813***	(0,23)	0,997***	(0,27)	0,841***	(0,25)	1,021***	(0,30)				
Type	Conseil TI et autres Services aux entreprises	-0,609***	(0,19)	-0,816***	(0,23)	-0,616***	(0,19)	-0,757***	(0,24)	-0,386**	(0,17)	-0,419**	(0,19)
	Innovation de processus	-0,183	(0,13)	-0,00424	(0,15)	-0,123	(0,12)	-0,0270	(0,14)	0,163	(0,14)	0,105	(0,16)
d'innovation	Ratio de Mill	-0,771**	(0,32)	-0,970**	(0,38)	-0,781**	(0,31)	-0,896**	(0,38)	-0,248	(0,31)	-0,452	(0,30)
	Constante	9,874***	(1,43)	10,72***	(1,39)	9,948***	(1,53)	9,170***	(1,45)	11,04***	(1,59)	9,059***	(1,41)
R-square		0,70		0,68		0,71		0,74		0,4899		0,3712	
Number of observations		469		332		418		291		308		225	

Notes: * significatif à 10%, ** à 5%, *** 1%;

Catégories de référence: Entreprise du Secteur Industriel n'appartenant pas à un groupe

Annexe 4 : Modèle économétrique

L'approche Crépon Duguet Mairesse (CDM)

Comme le fait qu'une entreprise innove ou non n'est pas le fruit du hasard mais le résultat d'une décision. La décision doit, elle aussi, être représentée, afin d'en identifier les déterminants.

Le modèle CMD s'attache à rendre compte de cet enchaînement à travers un système de quatre équations dans lequel la fonction de production joue un rôle central : elle permet à la fois de représenter la production de l'entreprise et de décrire la relation input-output pour certain type de production, telle que la production de connaissance. Les deux dernières équations du modèle sont directement issues d'une fonction de production de type Cobb-Douglas avec rendements d'échelle constants. Les quatre équations sont reliées les unes aux autres à la façon d'une chaîne et sont estimées deux par deux.

L'équation de décision d'investissement en R&D de l'entreprise ou équation de sélection

$$(EQ1) \quad g = \begin{cases} 1, & \text{if } g_i^* = \alpha_i^1 + \sum^n \beta_n^1 x_{in}^1 + \varepsilon_i^1 > 0 \\ 0, & \text{if } g_i^* \leq 0 \end{cases}$$

L'équation d'investissement de recherche reliant la recherche à ses déterminants

$$(EQ2) \quad k = \begin{cases} \alpha_i^2 + \sum^m \beta_m^2 x_{im}^2 + \varepsilon_i^2, & \text{if } g_i^* > 0 \\ -, & \text{if } g_i^* \leq 0 \end{cases}$$

L'équation de la fonction de production de connaissances reliant les dépenses d'investissements de R&D à leur résultat, les produits de l'innovation

$$(EQ3) \quad t_i = \alpha_i^3 + \beta_k^3 k_i + \beta_{MR}^3 MR_i + \sum^l \beta_l^3 x_{il}^3 + \varepsilon_i^3$$

Enfin, l'équation reliant les produits de l'innovation à la productivité de l'entreprise

$$(EQ4) \quad q_i = \alpha_i^4 + \beta_t^4 t_i + \beta_{MR}^4 MR_i + \sum^h \beta_h^4 x_{ih}^4 + \varepsilon_i^4$$

La méthode d'estimation

⇒ Biais de Sélection

La première équation comporte une variable endogène dichotomique prenant la valeur 1 pour les entreprises « innovantes » et 0 sinon. Les deux équations suivantes où l'on explique les montants investis dans les activités de R&D et les revenus obtenus par les résultats de ces recherches ne concernent que les entreprises « innovantes », c'est-à-dire celles pour lesquelles la variable dépendante a pris la valeur 1 dans la première équation. Pour estimer ces équations on utilise donc une sélection de l'échantillon initial et ce « biais de sélection » doit être pris en compte dans le choix de la méthode d'estimation.

La première équation dite « équation de sélection » permet d'identifier les facteurs susceptibles d'affecter la probabilité pour qu'une entreprise soit engagée dans des activités de R&D et d'innovation. Elle permet, en outre, de contrôler le biais de sélection potentiel à travers le Ratio inverse de Mill qui sera utilisé dans les deux dernières équations.

Soit g^* , la décision de l'entreprise d'investir en R&D. La décision elle-même n'est pas observée mais on suppose que le choix révèle que le profit attendu par l'entreprise est supérieur à un certain minimum. Si le profit espéré atteint ce minimum, l'étape suivante consiste à estimer l'influence des différents facteurs sur le volume de l'investissement k . Les facteurs expliquant le niveau d'input d'innovation sont d'autant plus importants qu'ils deviennent à leur tour, facteurs explicatifs indirects de la production d'innovation dans l'équation de la fonction de production de connaissance.

Le choix de la méthode d'estimation pour les deux premières équations est crucial car il découle de l'hypothèse retenue concernant le type de corrélation des termes d'erreurs $(\varepsilon_i^1, \varepsilon_i^2)$. Les deux termes sont non corrélés avec les variables explicatives, en revanche, comme on se trouve en présence d'un problème de sélection de l'échantillon, on doit s'attendre à ce qu'ils soient corrélés entre eux (Cameron et Trivedi, 2005).

Heckman (1979) compare le problème de sélection à un problème d'omission de variable dont l'estimation par moindres carrés ordinaires conduit à des paramètres estimés biaisés si le problème de sélection n'est pas pris en compte. Il propose une procédure d'estimation en deux étapes dite méthode Heckit.

1. Estimer l'équation Tobit par le maximum de vraisemblance pour obtenir les estimations de γ .
2. Estimer β et $\beta_\lambda = \rho\sigma_\varepsilon$ par MCO de y sur x et $\hat{\lambda}$

⇒ Biais de Simultanéité

Les équations forment un système dans lequel la variable endogène de l'une intervient comme variable explicative de la suivante. On montre que les estimateurs des moindres carrés ordinaires des paramètres structurels ne sont pas convergents car les variables endogènes incluses dans chaque équation sont corrélées avec les termes d'erreurs. La méthode des moindres carrés en deux étapes (2SLS) est la méthode la plus communément employées pour estimer des modèles à équations simultanées.

La troisième équation est la fonction de production de connaissance qui relie les efforts de R&D aux résultats d'innovation (les inputs d'innovation aux outputs d'innovation). La quatrième équation est l'équation de productivité. Afin d'obtenir des estimateurs consistants de l'enchaînement des causalités des inputs d'innovation vers les outputs d'innovation puis des outputs d'innovation vers la productivité de l'entreprise, il faut contrôler l'endogénéité dans les deux dernières équations. Comme il y a un mécanisme de rétroaction entre ces équations, les termes d'erreurs sont corrélés entre eux (mais pas avec les variables exogènes). Les deux équations sont donc traitées comme un système à deux équations simultanées et estimées par méthode des moindres carrés en deux étapes ou méthodes des variables instrumentales (2SLS)

REFERENCES

Arvanitis, S, 2006, Innovation and labour productivity in the Swiss manufacturing sector: An analysis based on firm panel data, Working Paper No, 149, KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich,

Asikainen A-L, 2008, Innovation and Productivity in Luxembourg, Economie et statistiques n°23, Statec Luxembourg

Benavente, J, M, 2006, The role of research and innovation in promoting productivity in Chile, Economics of Innovation & New Technology, vol, 15(4-5), p, 301-315,

Cainelli, G, - Evangelista, R, - Savona, M, 2006, Innovation and economic performance in services: a firm-level analysis, Cambridge Journal of Economics, vol, 30, p, 435-458,

Cameron, A,C, - Trivedi, P,K, 2005, Microeconometrics, Methods and Applications, Cambridge University Press,

Cohen, W, – Klepper, S, 1996, A Reprise of Size and R&D, Economic Journal, vol, 106, p, 925-951,

Crépon, B, – Duguet, E, – Mairesse, J, 1998, Research and Development, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level, Economics of Innovation and New Technology, vol, 7, p, 115-158,

Dachs, B, – Ebersberger, B, – Lööf, H, 2007, The innovative performance of foreign-owned enterprises in small open economies, CESIS Working Paper No, 87,

Ebersberger, B, – Lööf, H, 2005, Innovation behaviour and productivity performance in the Nordic region: Does foreign ownership matter? CESIS Working Paper No, 24,

Eurostat Statistical books, 2008, Science, technology and innovation in Europe

Foray, D – Hall B,H – Mairesse, J, 2007, Pitfalls in Estimating the Returns to Corporate R&D Using Accounting Data, CEMI Working Paper No, 2007-003,

Hall, B,H, – Mairesse, J, 2006, Empirical studies of innovation in the knowledge driven economy, NBER Working Paper No, 12320, Cambridge, MA,

Heckman, J, 1979, Sample Selection Bias as a Specification Error, Econometrica, vol, 47 (1), p, 153-161,

Howitt, P, 2004, Endogenous Growth, Productivity and Economic Policy: A Progress Report, International Productivity Monitor, vol, 8, p, 3-15,

Janz, N, - Lööf, H, - Peters, B, 2004, Innovation and productivity in German and Swedish manufacturing firms: Is there a common story? Problems & Perspectives in Management, vol, 2, p, 184-204,

Jefferson, G,H, – Bai, H, – Guan, X, – Yu, X, 2006, R&D Performance in Chinese industry, Economics of Innovation & New Technology, vol, 15(4-5), p, 345-366,

Klette, J, – Kortum, S, 2002, Innovating Firms and Aggregate Innovation, NBER Working paper No, 8819, Cambridge, MA,

Lööf, H, - Heshmati, A, 2006, On the relationship between innovation and performance: A sensitivity analysis, Economics of Innovation and New Technology, Taylor and Francis Journals, vol, 15(4-5), p, 317-344,

Lööf, H, - Heshmati, A, – Asplund, R, – Nas, S-O, 2003, Innovation and performance in manufacturing industries: a comparison of the Nordic countries, International Journal of Management Research, vol, 2, p, 5-36,

Mairesse, J, – Sassenou, M, 1991, R&D and Productivity: A Survey of Econometric Studies at the Firm Level, Science, Technology Industry Review, vol, 8, p, 9-43,

Markusen, J,R, 1995, The Boundaries of Multinational Enterprises and the Theory of International Trade, Journal of Economic Perspectives, vol, 9, p, 169-189,

Mohnen, P, - Mairesse, J, - Dagenais, M, 2006, Innovativity: A comparison across seven European countries, Economics of Innovation and New Technology, Volume 15, No, 4-5, p, 391-413,

OCDE Synthèse – novembre 2007, Sciences technologie et innovation dans la nouvelle économie

Romer, P, 1990, Endogenous Technological Change, Journal of Political Economy

STATEC, août 2005, L'innovation au Luxembourg, Cahiers économiques n°97

