

L'innovation au Luxembourg pendant la période 2002-2010

Auteurs: Wladimir
Raymond et Tatiana
Plotnikova,
STATEC/ANEC

Introduction

Cette première partie de l'étude comporte une analyse descriptive du comportement innovant des entreprises au Luxembourg au cours de la période 2002 à 2010. Nous considérons non seulement l'innovation technologique, c'est-à-dire les innovations de produits et de procédés, mais aussi l'innovation non technologique qui comporte les innovations organisationnelles et de commercialisation. Enfin, nous analysons les différents facteurs sous-jacents du processus d'innovation ainsi que ceux qui expliquent la dynamique d'innovation.

L'innovation au Luxembourg pendant la période 2002-2010*

Wladimir Raymond et Tatiana Plotnikova

29 janvier 2015

Première partie

Analyse descriptive

Cette première partie de l'étude comporte une analyse descriptive du comportement innovant des entreprises au Luxembourg au cours de la période 2002-2010. Nous considérons non seulement l'innovation technologique, c'est-à-dire les innovations de produits et de procédés, mais aussi l'innovation non technologique qui comporte les innovations organisationnelles et de commercialisation. Enfin, nous analysons les différents facteurs sous-jacents du processus d'innovation ainsi que ceux qui expliquent la dynamique d'innovation.

I.1 Les facteurs sous-jacents du processus d'innovation

Le progrès technique communément appelé innovation technologique est généralement considéré comme l'un des éléments principaux de la croissance économique (voir par exemple Griliches, 1979; Griliches et Mairesse, 1984). De même, l'innovation non technologique, à savoir l'innovation organisationnelle ou de commercialisation (marketing), joue un rôle primordial dans la productivité des entreprises (voir par exemple Black et Lynch, 2001). Il est donc essentiel de comprendre les facteurs sous-jacents du bon fonctionnement

*ANEC, 19-21 boulevard royal L-2449, Luxembourg ; Institut National de la Statistique et des Études Économiques (STATEC), Unité EPR2, rue Érasme BP304 L-2013 Luxembourg. Les opinions exprimées dans la présente publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas forcément les opinions du STATEC et de l'ANEC.

du processus d'innovation. Parmi ces facteurs, la littérature économique identifie les incitations de l'entreprise à innover et sa capacité à le faire. Le premier facteur, à savoir la propension à innover, dépend essentiellement du revenu espéré *post*-innovation. Ni les incitations à innover ni le revenu espéré *post*-innovation ne sont observables pour l'analyste. Néanmoins, ils dépendent de variables observables comme la structure (concurrentielle ou monopolistique) du marché sur lequel l'entreprise opère ou encore les conditions d'appropriation de ses innovations.¹ Le second facteur, c'est-à-dire la capacité de l'entreprise à innover, est lui aussi inobservable pour l'analyste mais dépend de variables observables comme l'accès à des ressources financières, l'engagement dans des activités de R&D et l'intensité des dépenses correspondantes, le niveau de qualification des employés ou la coopération avec d'autres acteurs comme les instituts de recherche par exemple.

L'enquête communautaire sur l'innovation

Sous l'influence de chercheurs et d'universitaires non satisfaits de la seule variable de R&D comme mesure d'innovation (voir par exemple [Kleinknecht et Bain, 1993](#)), les États membres de l'Union européenne ont décidé au début des années 90 de lancer une enquête communautaire sur l'innovation (ECI) selon les directives du Manuel d'Oslo ([OECD, 2005](#)). Cette enquête comporte non seulement la mesure traditionnelle de R&D mais encore d'autres mesures « d'input » d'innovation comme l'acquisition de connaissances externes et des mesures « d'output » comme la part du chiffre d'affaires due aux nouveaux produits. Cette enquête comporte également des modalités d'innovation comme la coopération avec d'autres acteurs, les moyens d'appropriation ou encore la provenance des sources d'information pour les activités innovantes. Depuis leur lancement dans les années 90, de nombreuses études empiriques ont été réalisées à partir d'ECI (voir [Mairesse et Mohnen, 2010](#), pour un survol de la littérature). Les études luxembourgeoises, par exemple [Allegrazza \(1992\)](#), font partie des études pionnières ayant utilisé les ECI au même titre que les études françaises ([Crépon *et al.*, 1996](#)), néerlandaises ([Brouwer et Kleinknecht, 1996](#)) ou suisses ([Hollenstein, 1996](#)).² De même, le Luxembourg possède à ce jour, comme la

1. Parmi les modalités d'appropriation de l'innovation, nous pouvons citer les brevets, les droits de propriété intellectuelle ou encore le secret technologique.

2. Des pays non membres de l'Union européenne comme la Suisse ou le Canada ont aussi une enquête d'innovation similaire à l'ECI.

France, les Pays-Bas ou la Suisse, un *pseudo*-panel qui nous permet d’inclure la dimension temporelle dans l’analyse et d’étudier des phénomènes dynamiques de l’innovation comme la persistance. Ainsi, nous utilisons dans cette analyse quatre vagues d’ECI se rapportant aux périodes 2002-2004, 2004-2006, 2006-2008 et 2008-2010.

Un pseudo-panel

La figure 1 montre le nombre d’entreprises par ECI sur la période 2002-2010. Celui-ci a augmenté de 21% (c’est-à-dire de 110) sur toute la période, ce qui est dû entre autres à la volonté du STATEC d’accroître l’exhaustivité dans les enquêtes d’innovation en réduisant par exemple le taux de non-réponse.³ Les entreprises reportées à la figure 1 ne sont pas forcément distinctes d’une enquête à l’autre dans la mesure où une entreprise peut prendre part à plusieurs ECI. En revanche, la figure 2 montre un panel non cylindré de 1214 entreprises distinctes réparties sur les quatre vagues d’ECI de manière consécutive ou avec des sauts dans le temps.⁴ Nous observons que seulement 159 entreprises, c’est-à-dire 13% du total, ont pris part à toutes les enquêtes d’innovation entre 2002 et 2010 (notre panel cylindré) tandis que près de la moitié du total, à savoir 591 entreprises, n’ont pris part qu’à une seule enquête. Ces dernières seraient automatiquement exclues de toute étude portant sur la dynamique du processus d’innovation.⁵ Quant aux entreprises ayant pris part à au moins deux enquêtes, elles pourraient être incluses dans une analyse dynamique en fonction du retard considéré. Ainsi, les entreprises des huit premières catégories de la figure 2 seraient incluses dans une analyse dynamique avec un retard d’une période tandis que les catégories 6, 7 et 8 seraient exclues et remplacées par les catégories 9 et 11 si le retard est de deux périodes.⁶ Étant donné le faible pourcentage d’entreprises dans le panel cylindré, toute étude portant sur la dynamique d’innovation doit dans la mesure du possible utiliser un panel non cylindré pour éviter le *biais du survivant*.⁷

3. La collecte des données de l’enquête luxembourgeoise sur l’innovation est réalisée à partir d’un recensement ou d’un échantillonnage stratifié. Pour plus d’informations sur le seuil qui définit le type de collecte et les variables utilisées pour les strates, le lecteur est invité à consulter l’étude de [Raymond et Plotnikova \(2014\)](#).

4. Un panel d’entreprises est un groupe d’entreprises interrogées dans le temps. Un panel peut être cylindré, auquel cas les entreprises sont toujours présentes dans l’échantillon, ou non cylindré auquel cas elles peuvent être absentes à certains moments.

5. À noter que la totalité des entreprises seraient incluses dans une analyse statique.

6. À partir de 2002, la fréquence des ECI luxembourgeoises est biennale de sorte qu’un retard d’une période correspond à deux ans.

7. Le terme technique anglais est « survivorship bias ».

Figure 1 – Nombre d’entreprises par ECI sur la période 2002-2010

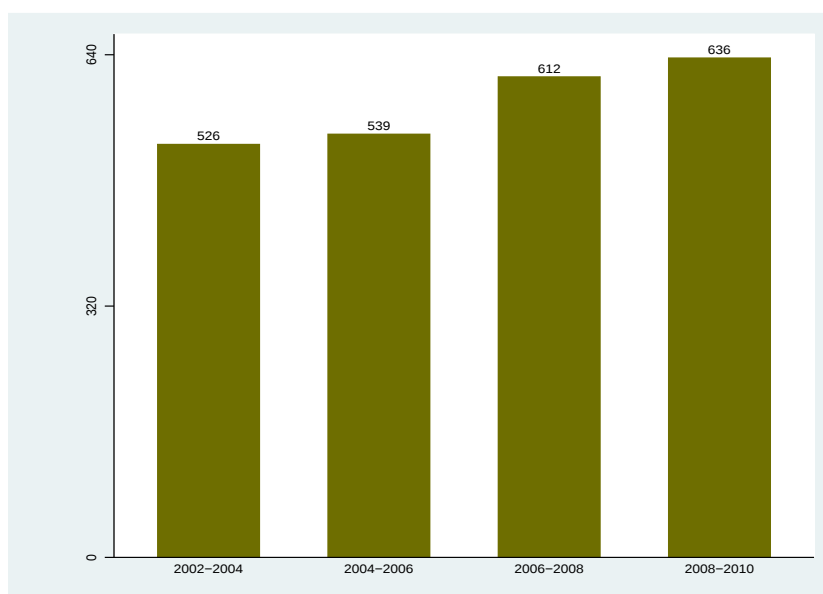
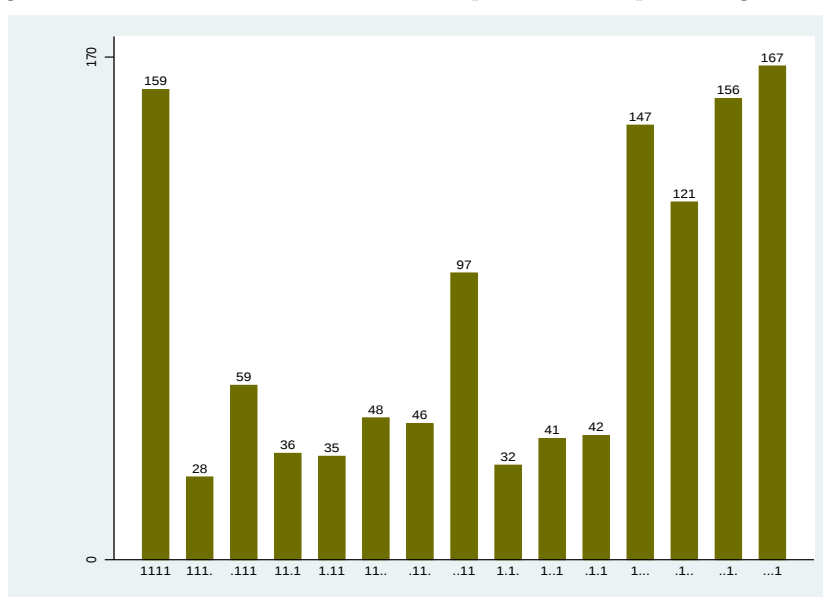


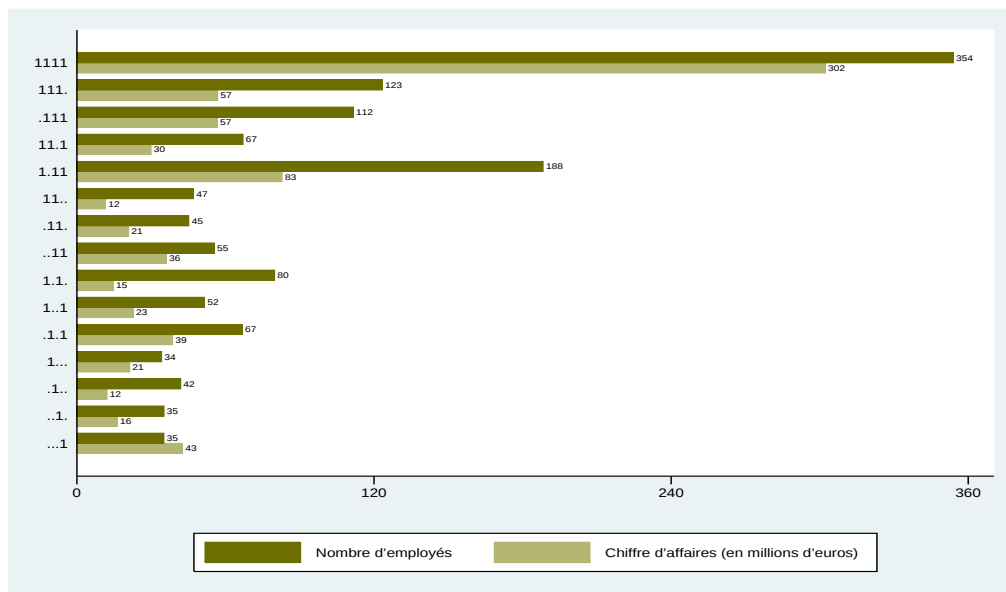
Figure 2 – Distribution du nombre d’entreprises sur les quatre vagues d’ECI



La figure 3 montre les moyennes du nombre d’employés et du chiffre d’affaires (en millions d’euros) des entreprises des différentes catégories du panel non cylindré. Nous observons que les entreprises ayant pris part à plusieurs ECI sont en moyenne plus grandes que celles ayant pris part à une seule enquête, ce à quoi l’on s’attend puisque le nombre d’employés et le chiffre d’affaires font partie des variables qui définissent les strates de l’échantillonnage et qui dictent le choix entre ce dernier et un recensement. Les entreprises dont la taille dépasse un certain seuil sont recensées, d’où les valeurs significativement plus

élevées dans le panel cylindré que dans les autres catégories.⁸

Figure 3 – Taille des entreprises des différentes catégories du panel non cylindré



L'innovation technologique et non technologique

Nous distinguons deux catégories d'innovation, à savoir l'innovation technologique et l'innovation non technologique. Elles sont mesurées par des variables dichotomiques relatives à l'introduction d'innovations de produits ou de procédés, ou à l'introduction d'innovations organisationnelles ou de commercialisation.⁹

Le tableau 1 est un tableau de contingence où le nombre et le pourcentage (de l'échantillon total) d'entreprises innovantes sont reportés pour chaque catégorie d'innovation au cours de la période 2002-2010.¹⁰ Tout d'abord, nous observons que pour chaque type d'innovation, le pourcentage d'entreprises innovantes est à peu près le même que le pourcentage d'entreprises non innovantes, c'est-à-dire 51% *vs* 49% pour l'innovation technologique et 55% *vs* 45% pour l'innovation non technologique. Un tiers de l'échantillon ne possède ni des innovations technologiques ni des innovations non technologiques, environ 40% possède les

8. La probabilité de survivre au cours du temps est aussi corrélée de manière positive et significative avec la taille de l'entreprise (Agarwal et Audretsch, 2001).

9. Dans le langage mathématique, le « ou » qui se trouve dans « produits ou de procédés » doit être interprété comme un « ou » inclusif. L'innovation technologique comprend donc l'innovation exclusive de produits, l'innovation exclusive de procédés ou les deux. De même, l'innovation non technologique comprend l'innovation exclusive d'organisation, l'innovation exclusive de marketing ou les deux.

10. L'échantillon (de 2313 observations) utilisé pour les figures 1 et 2 constitue l'échantillon de base avant nettoyage. Celui des tableaux 1 et 2 contient 2193 observations obtenues après avoir éliminé les entreprises qui n'ont reporté aucun chiffre d'affaires ou qui ont reporté des dépenses de R&D excédant 50% du chiffre d'affaires.

deux types d'innovation et environ un tiers possède un seul type d'innovation, c'est-à-dire 13% et 17% possèdent exclusivement et respectivement des innovations technologiques et non technologiques.

Tableau 1 – L'innovation technologique et non technologique au cours de la période 2002-2010

Innovation technologique	Innovation non technologique		Total
Non	Non	Oui	
effectif	706	363	1069
% du total	32	17	49
Oui	Non	Oui	
effectif	281	843	1124
% du total	13	38	51
Total			
effectif	987	1206	2193
% du total	45	55	100

Le tableau 2 montre les proportions d'entreprises innovantes selon les composantes des deux catégories d'innovation et selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010.¹¹ Comme l'on pouvait s'y attendre, elles sont significativement plus élevées dans les industries manufacturières à haute technologie et dans les activités de services à forte intensité de connaissance.

Tableau 2 – L'innovation technologique et non technologique selon le type d'innovation et le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010[†]

Secteur	Innovation technologique			Innovation non technologique		
	Produits	Procédés	Total	Organisation	Marketing	Total
Industries manufacturières	0,43	0,39	0,55	0,44	0,27	0,52
Basse technologie	0,35	0,36	0,47	0,41	0,24	0,48
Haute technologie	0,66	0,49	0,78	0,51	0,35	0,63
Activités de services	0,40	0,35	0,50	0,49	0,28	0,57
Faible intensité de connaissance	0,23	0,24	0,34	0,39	0,23	0,45
Forte intensité de connaissance	0,52	0,42	0,62	0,57	0,31	0,65
Électricité, gaz et eau	0,25	0,23	0,41	0,48	0,20	0,52
Échantillon complet	0,40	0,36	0,51	0,48	0,27	0,55

[†]La colonne « Total » correspond à l'un ou l'autre type d'innovation.

11. Nous distinguons cinq secteurs d'activité, à savoir les industries manufacturières à basse et à haute technologie, les activités de services à faible et à forte intensité de connaissance et le secteur de la production et de la distribution de l'électricité, de l'eau et du gaz (ci-après « EGA »). Ces secteurs comprennent des industries définies selon la nomenclature des activités économiques dans la Communauté européenne (NACE Rév. 2) considérée à un niveau à deux chiffres. Les industries manufacturières à basse et à haute technologie, respectivement « low-tech » et « high-tech », sont définies par Eurostat sur la base de l'intensité de la R&D définie comme le rapport entre les dépenses de R&D et la valeur ajoutée. Quant aux activités de services à faible et à forte intensité de connaissance, respectivement « LKIS » et « KIS », elles sont définies par Eurostat sur la base du pourcentage d'employés ayant un diplôme d'enseignement supérieur. Pour plus de détails sur ces taxonomies, voir http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/EN/htec_esms.htm et http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/Annexes/htec_esms_an3.pdf.

Ce résultat descriptif peut être également observé aux figures 4 et 5 qui montrent les proportions d'entreprises innovantes à un niveau plus désagrégué du secteur d'activité. Nous observons par exemple qu'il existe des industries très peu innovantes dans les secteurs innovants, ce qui est par exemple le cas de l'industrie des transports par voie d'eau et aériens, et des industries plutôt innovantes dans les secteurs très peu innovants comme c'est le cas de l'industrie du caoutchouc et du plastique.¹²

Figure 4 – L'innovation technologique par industrie au cours de la période 2002-2010

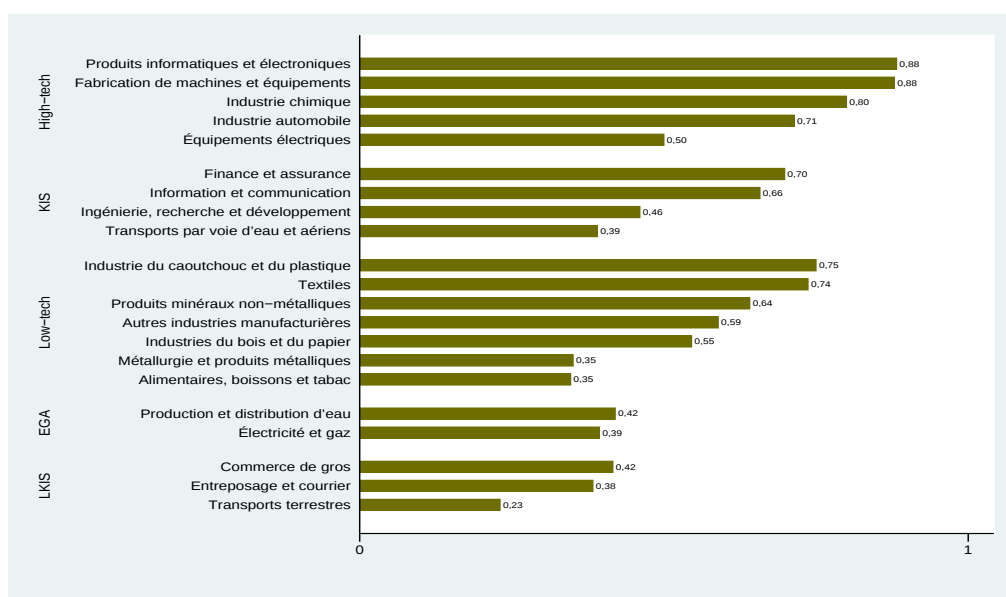
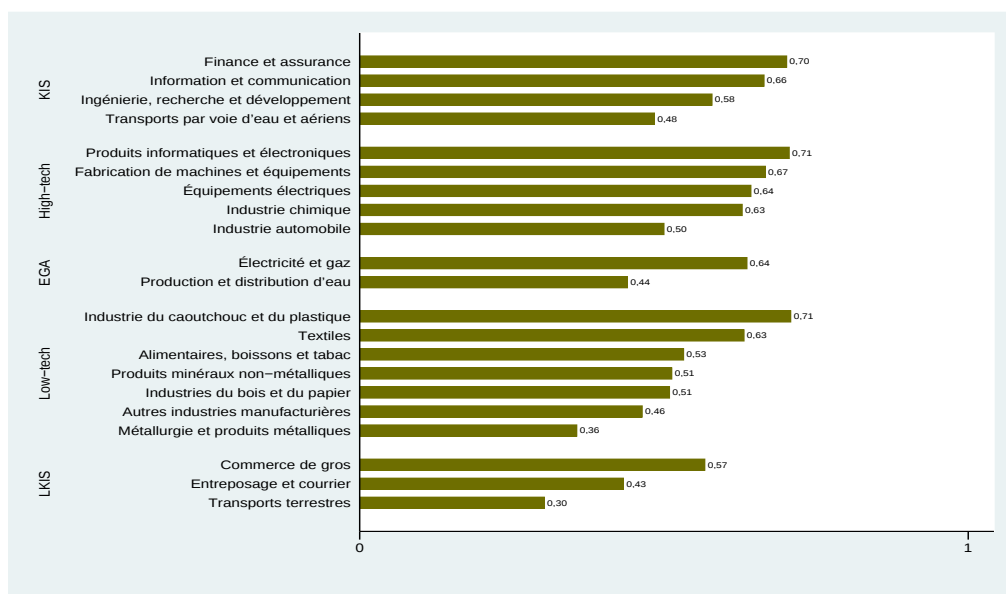


Figure 5 – L'innovation non technologique par industrie au cours de la période 2002-2010



12. Au Luxembourg, l'industrie du caoutchouc et du plastique est probablement dominée par la compagnie Goodyear qui possède le plus important centre de recherche dans le monde après celui des États-Unis.

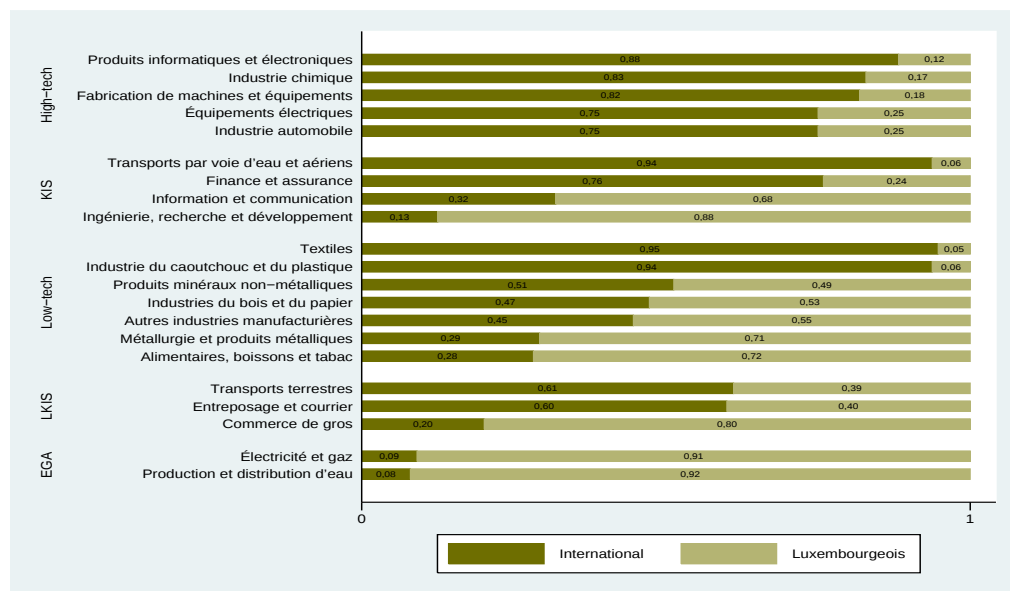
Les facteurs incitatifs d'innovation

L'enquête communautaire sur l'innovation comprend de nombreux facteurs influant sur la propension de l'entreprise à innover. Parmi ces facteurs nous pouvons citer entre autres la structure de marché (Schumpeter, 1942; Arrow, 1962; Scherer, 1967) et les méthodes de protection des innovations (Breschi *et al.*, 2000).¹³

La structure de marché

La figure 6 montre les proportions d'entreprises ayant comme marché principal le marché international ou le marché luxembourgeois selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010. Les secteurs les plus innovants, à savoir les industries manufacturières à haute technologie et les activités de services à forte intensité de connaissance, ont les proportions les plus élevées d'entreprises ayant comme marché principal le marché international. Les entreprises du secteur « high-tech » produisent même majoritairement (à 80% en moyenne) pour le marché international tandis que celles du secteur de la production et de la distribution de l'électricité, de l'eau et du gaz sont majoritairement orientées (à 92% en moyenne) vers le marché luxembourgeois.

Figure 6 – Le marché principal des entreprises par industrie au cours de la période 2002-2010

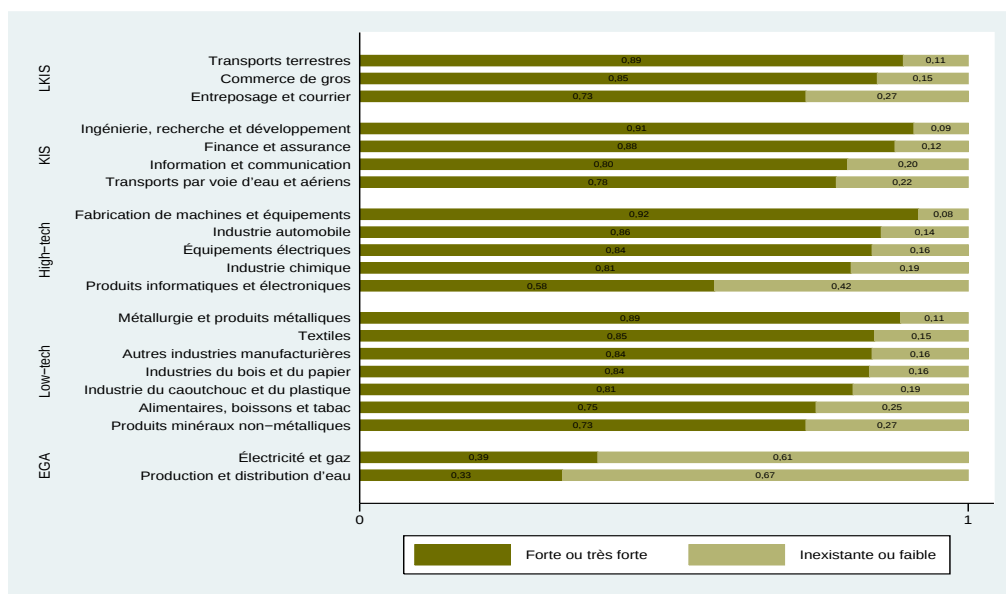


La figure 7 montre les proportions d'entreprises pour lesquelles l'intensité de la concurrence perçue sur le marché principal est forte ou très forte, ou faible ou inexistante au cours

13. La plupart des facteurs incitatifs d'innovation qui se trouvent dans l'ECI concernent l'innovation technologique.

de la période 2002-2008.¹⁴ À l'exception du secteur de la production et de la distribution de l'électricité, de l'eau et du gaz,¹⁵ l'intensité de la concurrence sur le marché principal est en général fortement ou très fortement perçue dans les différents secteurs de l'économie luxembourgeoise.

Figure 7 – L'intensité de la concurrence sur le marché principal par industrie au cours de la période 2002-2008[†]



[†]Les informations sont manquantes pour l'enquête 2008-2010.

Les méthodes de protection des innovations

La figure 8 montre les proportions d'entreprises dans chaque secteur d'activité qui optent pour des méthodes formelles et stratégiques de protection des innovations.¹⁶ Indépendamment du secteur d'activité, les entreprises préfèrent les méthodes stratégiques aux méthodes formelles. Plus précisément, pour protéger leurs innovations, les entreprises préfèrent prendre de l'avance sur leurs concurrents, avoir recours au secret technologique ou, dans une moindre mesure en particulier dans les secteurs les plus innovants, opter pour la complexité du modèle (voir la figure 9). Les proportions d'entreprises ayant recours à des méthodes stratégiques sont significativement plus élevées dans les secteurs d'activité les plus innovants, c'est-à-dire dans les industries manufacturières à haute technologie et dans

14. Les informations sont manquantes pour l'enquête 2008-2010.

15. Les statistiques sur l'intensité de la concurrence perçue reflètent la structure monopolistique de ce secteur, voir l'étude de [Raymond et Plotnikova \(2014\)](#).

16. Les méthodes formelles de protection comprennent les brevets, les enregistrements des modèles, des marques de fabrique et des droits d'auteur. Les méthodes stratégiques comprennent le secret technologique, la complexité du modèle et l'avance sur les concurrents.

les activités de services à forte intensité de connaissance. Quant aux méthodes formelles de protection, elles sont majoritairement utilisées dans les industries manufacturières à haute technologie.

Figure 8 – Les méthodes de protection des innovations selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010

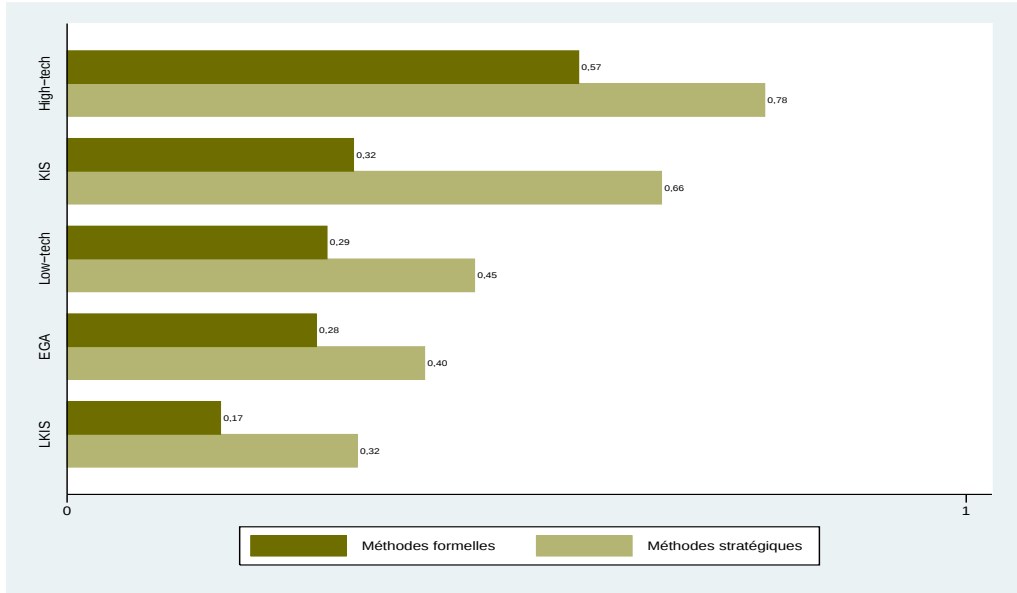
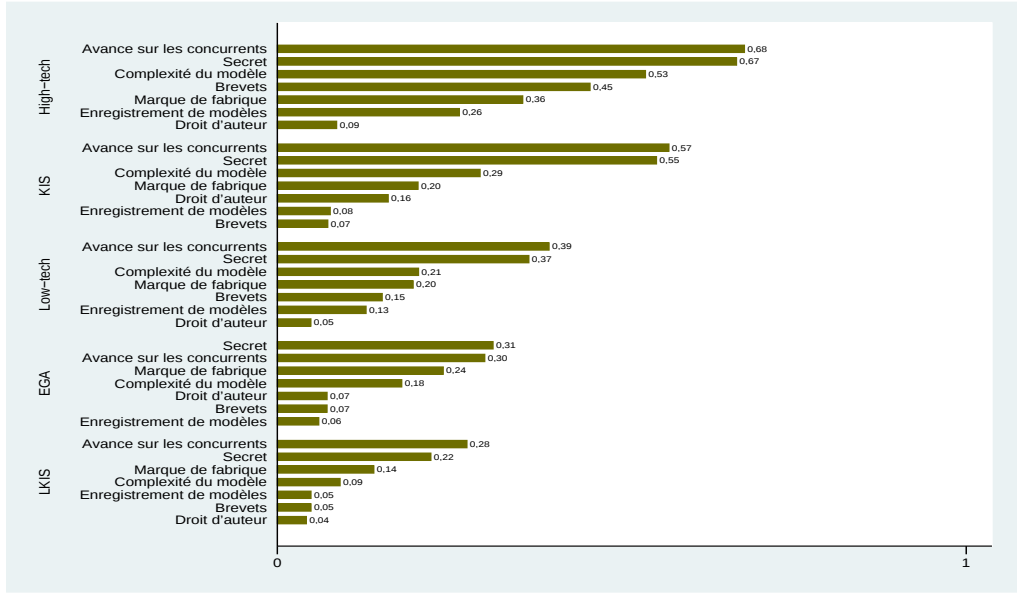


Figure 9 – Les différentes composantes des méthodes de protection des innovations par secteur d'activité au cours de la période 2002-2010



Les obstacles à l'innovation

En plus des variables relatives à la structure de marché et aux méthodes de protection des innovations, l'ECI distingue des facteurs d'obstacles à l'innovation qui influent sur la

propension des entreprises à innover. Plus précisément, nous distinguons les facteurs liés au marché et les raisons de ne pas innover.¹⁷

Les figures 10 et 11 montrent le degré d'importance des obstacles à l'innovation liés au marché et celui des motifs incitant à ne pas innover.

Figure 10 – Le degré d'importance des obstacles à l'innovation liés au marché selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010

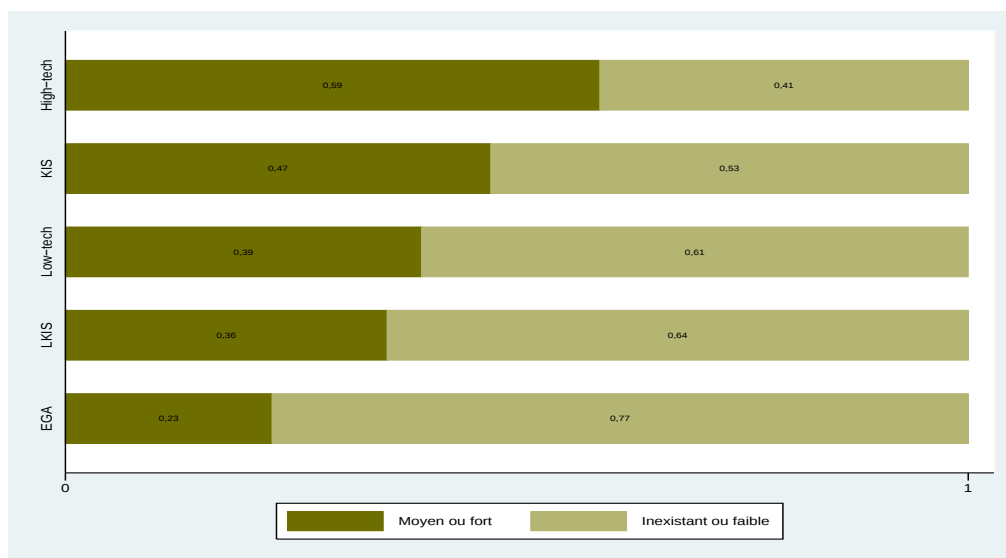
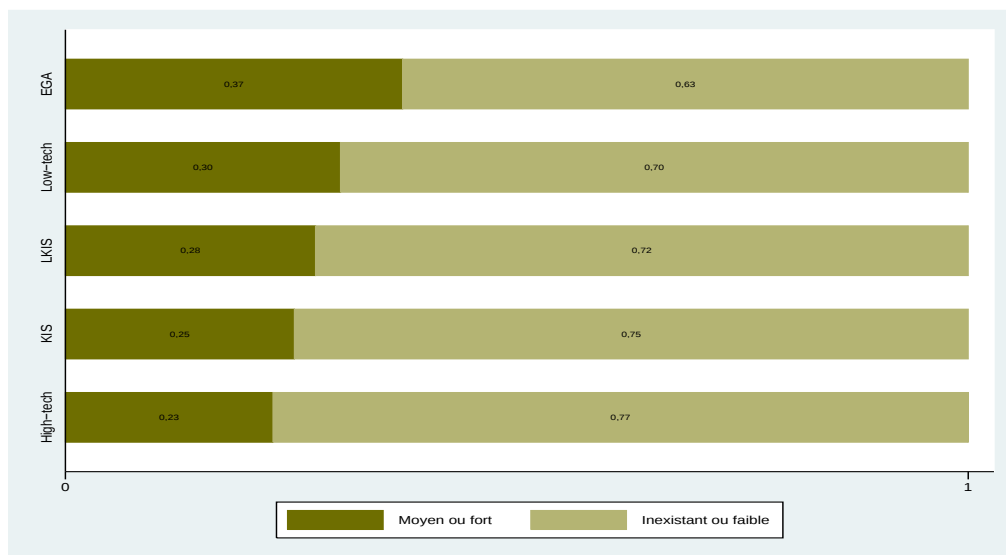


Figure 11 – Le degré d'importance du manque d'incitation à innover selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010



17. Les modalités des obstacles liés au marché sont « le marché est dominé par des entreprises en place » et « la demande de biens ou services innovants est incertaine ». Les motifs incitant à ne pas innover comprennent la non-nécessité d'innover en raison d'innovations précédentes ou en l'absence de demande d'innovations.

La figure 10 montre que les obstacles liés au marché sont significativement plus élevés pour les secteurs les plus innovants. Quant aux motifs pour ne pas innover, ils ne sont pas considérés comme importants en moyenne et ne sont pas statistiquement différents d'un secteur à l'autre, voir la figure 11.

La capacité d'innover

La capacité d'une entreprise à innover dépend de sa taille (Schumpeter, 1942), du niveau de qualification de ses employés (Vinding, 2006), de son statut de conglomérat (Veugelers et Cassiman, 2004), de l'intensité de ses dépenses d'innovation comme la R&D (Pakes et Griliches, 1980), des sources d'information pour les activités d'innovation (Amara et Landry, 2005) et de la coopération avec d'autres acteurs pour de telles activités (Becker et Dietz, 2004; Tomlinson, 2010).¹⁸

L'emploi et le chiffre d'affaires

La taille d'une entreprise est souvent mesurée par le nombre de ses employés ou son chiffre d'affaires. Les figures 12 et 13 montrent le nombre d'employés et le chiffre d'affaires moyens par industrie au cours de la période 2002-2010.

Les industries les plus importantes en termes d'emploi au cours de la période 2002-2010, c'est-à-dire dont le nombre d'employés moyen excède 250 employés, sont les industries du caoutchouc et du plastique, des produits informatiques et électroniques, des transports par voie d'eau et aériens, de la fabrication de textiles et de la finance et de l'assurance. Le nombre d'employés est en moyenne significativement moins élevé dans les secteurs LKIS et EGA que dans les autres secteurs.

En ce qui concerne le chiffre d'affaires (en millions d'euros), les industries les plus génératrices de revenus au cours de la période 2002-2010, c'est-à-dire dont le chiffre d'affaires moyen dépasse 100 millions d'euros, sont les industries de la finance et de l'assurance, de la métallurgie et des produits métalliques, du caoutchouc et du plastique, du commerce de gros, de la fabrication de textiles, de l'électricité et du gaz et des transports par voie d'eau et aériens.

18. Cette liste de facteurs est loin d'être exhaustive. Comme pour les facteurs incitatifs d'innovation, les variables de l'ECI qui influent sur la capacité d'innover concernent pour la plupart l'innovation technologique.

Figure 12 – Le nombre d'employés moyen par industrie au cours de la période 2002-2010

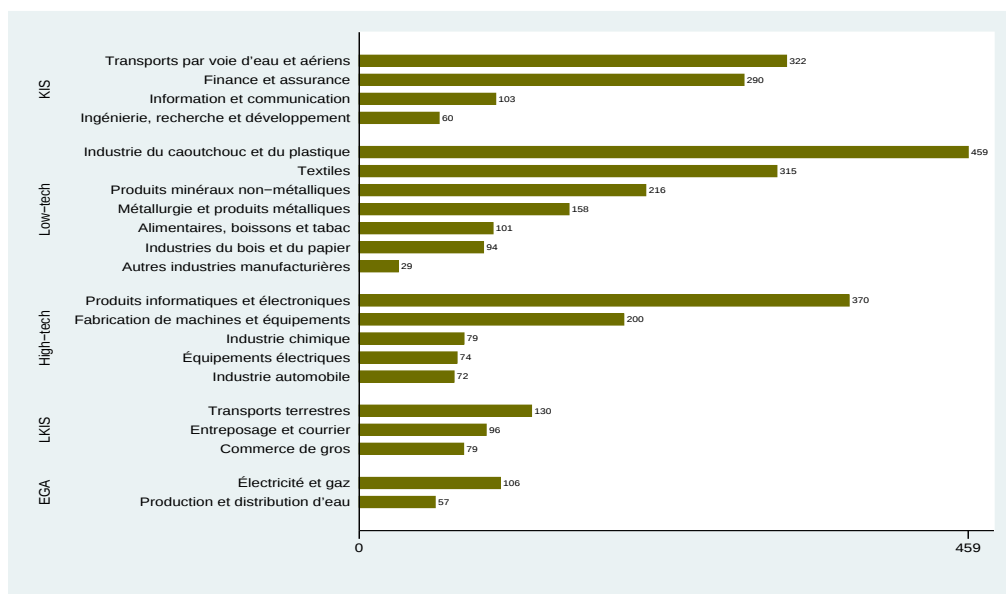
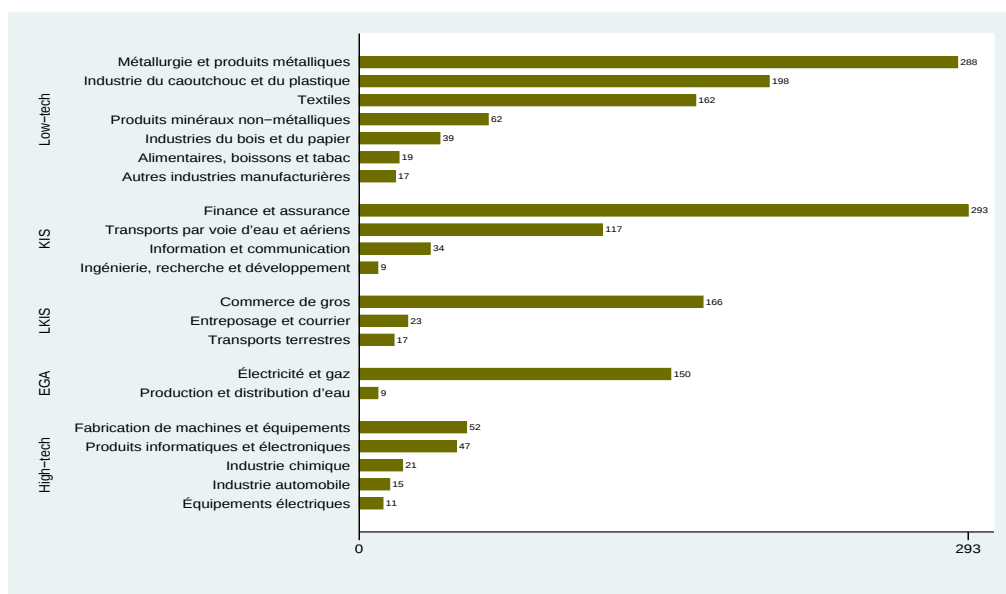


Figure 13 – Le chiffre d'affaires moyen (en millions d'euros) par industrie au cours de la période 2002-2010

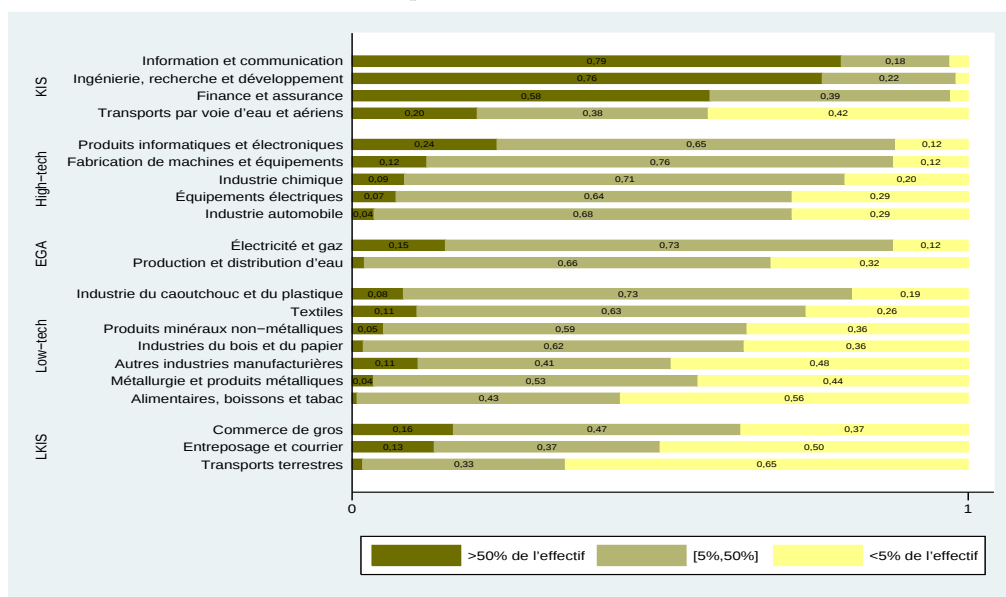


Le niveau de qualification des employés

La figure 14 montre les proportions d'effectif ayant un diplôme universitaire au cours de la période 2002-2010 selon le secteur d'activité. Comme l'on pouvait s'y attendre, les activités de services à forte intensité de connaissance et les industries manufacturières à haute technologie possèdent les effectifs les plus qualifiés.¹⁹ La proportion d'effectif ayant un diplôme universitaire est aussi relativement élevée dans le secteur EGA.

19. Voir la note de bas de page 11.

Figure 14 – La proportion d’effectif ayant un diplôme universitaire par industrie au cours de la période 2002-2010



Le statut de conglomérat

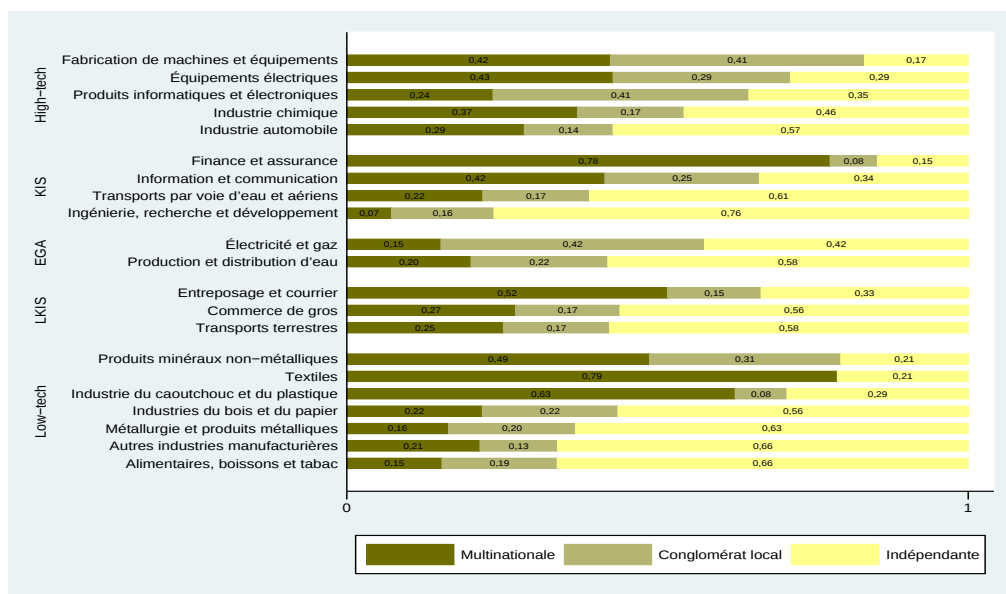
La figure 15 montre le statut de conglomérat des entreprises au Luxembourg selon le secteur d’activité au cours de la période 2002-2010. La proportion d’entreprises appartenant à un conglomérat et en particulier à une multinationale est en moyenne plus élevée dans les activités de services à forte intensité de connaissance et les industries manufacturières à haute technologie.²⁰

L’intensité des dépenses d’innovation

La figure 16 montre l’intensité des dépenses d’innovation exprimée en pourcentage du chiffre d’affaires selon le secteur d’activité au cours de la période 2002-2010. Comme l’on pouvait s’y attendre, cette intensité est la plus élevée dans les industries manufacturières à haute technologie et dans une moindre mesure dans les activités de service à forte intensité de connaissance, en d’autres termes, dans les secteurs les plus innovants. En général, les dépenses d’innovation dans les différentes industries varient entre 1% et 4% du chiffre d’affaires. Nous pouvons citer comme exceptions l’industrie des produits informatiques et électroniques où l’intensité de ces dépenses est étonnamment au moins deux fois plus élevée que dans les autres industries, et les secteurs des transports, de la fabrication de

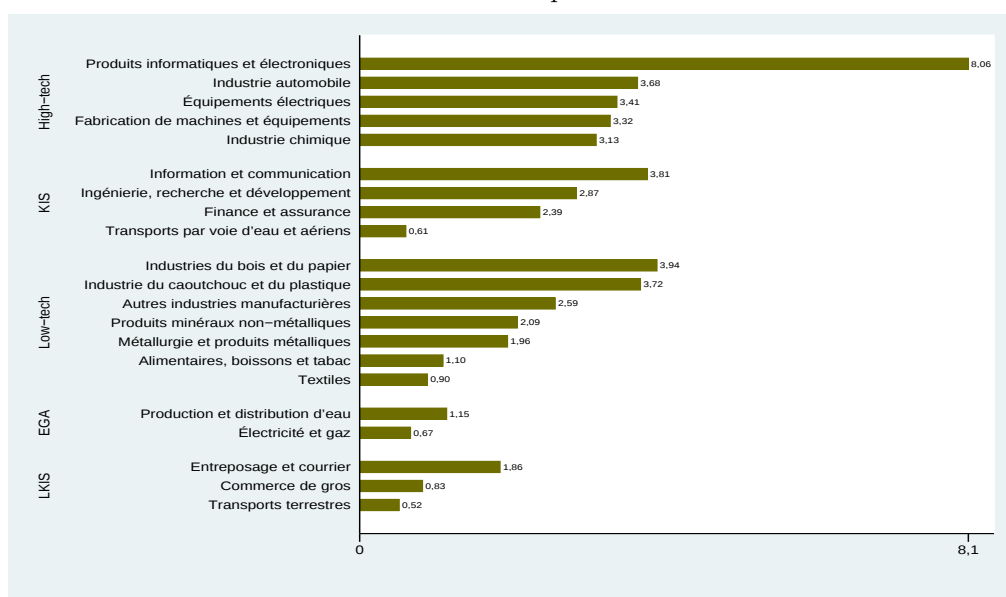
20. Les industries low-tech des produits minéraux non métalliques, de la fabrication de textiles, et du caoutchouc et du plastique constituent des exceptions.

Figure 15 – Le statut de conglomérat par industrie au cours de la période 2002-2010



textiles, de la production et de la distribution de l'électricité et du gaz, et du commerce de gros où cette intensité ne dépasse pas 1%.

Figure 16 – L'intensité des dépenses d'innovation (en pourcentage du chiffre d'affaires) par industrie au cours de la période 2002-2010



Sources d'information pour des activités d'innovation

Les figures 17, 18 et 19 montrent le degré d'importance des différentes sources d'information pour des activités d'innovation selon le secteur d'activité au cours de la période 2002-2010.

Figure 17 – Le degré d'importance des sources internes d'information pour des activités d'innovation par industrie au cours de la période 2002-2010

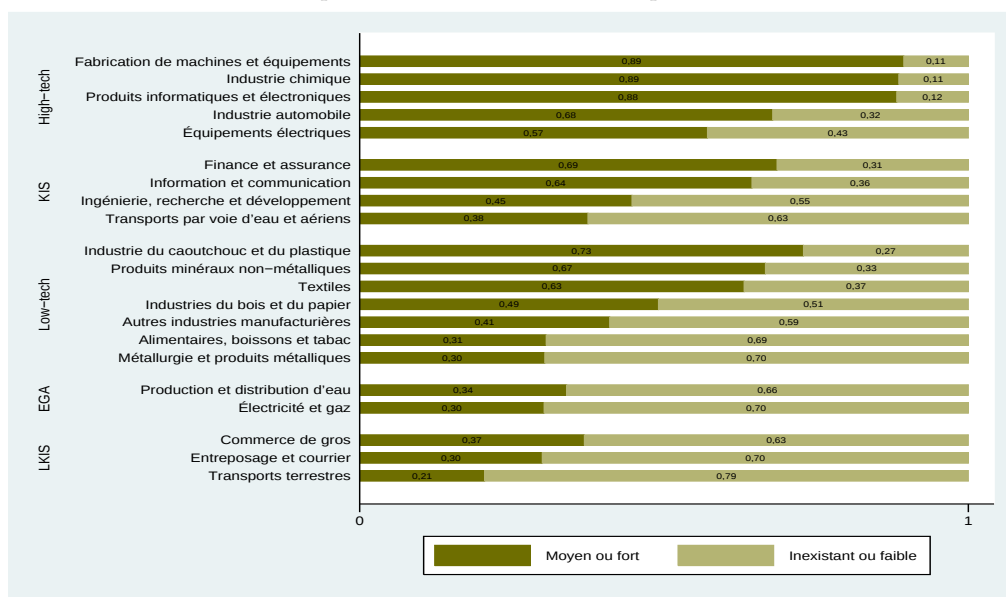
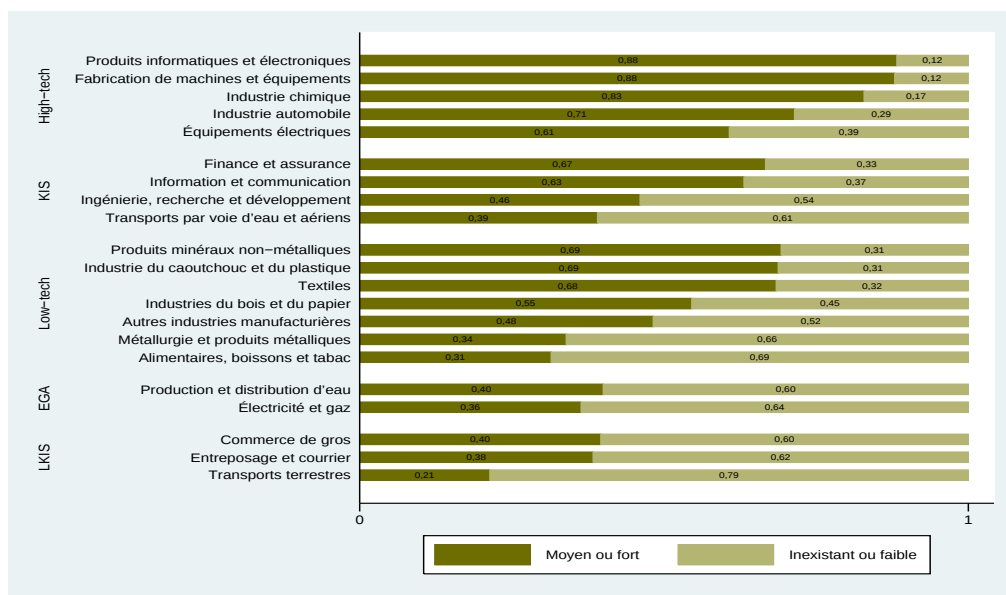


Figure 18 – Le degré d'importance des sources d'information provenant du marché pour des activités d'innovation par industrie au cours de la période 2002-2010

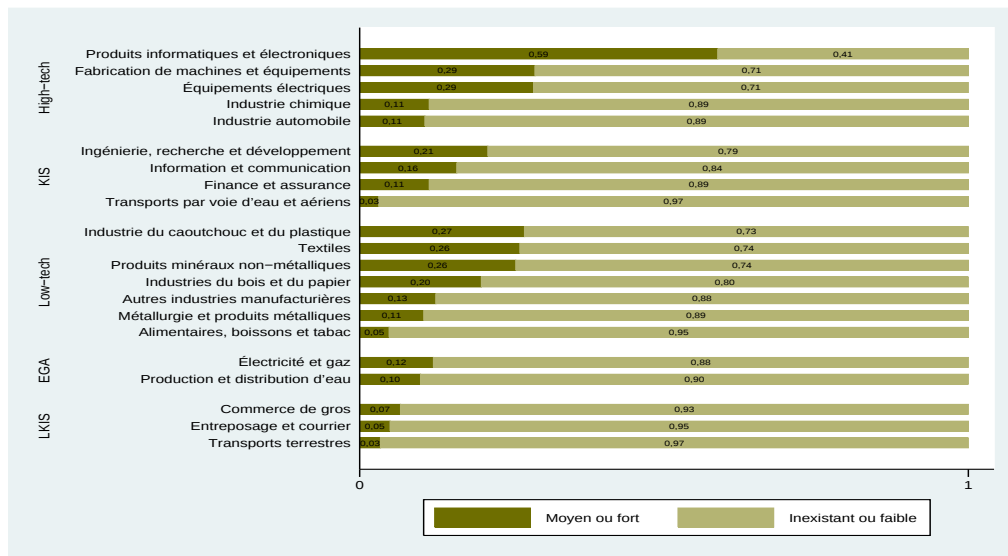


Tout d'abord, indépendamment du secteur d'activité, les sources institutionnelles, c'est-à-dire provenant d'universités ou d'instituts de recherche publics, sont jugées moins importantes que les sources internes ou provenant du marché.²¹ Par ailleurs, les sources d'information sont jugées plus importantes dans les industries manufacturières à haute technologie et dans une moindre mesure dans les secteurs d'activité à forte intensité de

21. Les sources internes proviennent de l'entreprise même ou du conglomérat auquel elle appartient. Les sources de marché proviennent des fournisseurs, des clients ou des entreprises concurrentes du même secteur.

connaissance.

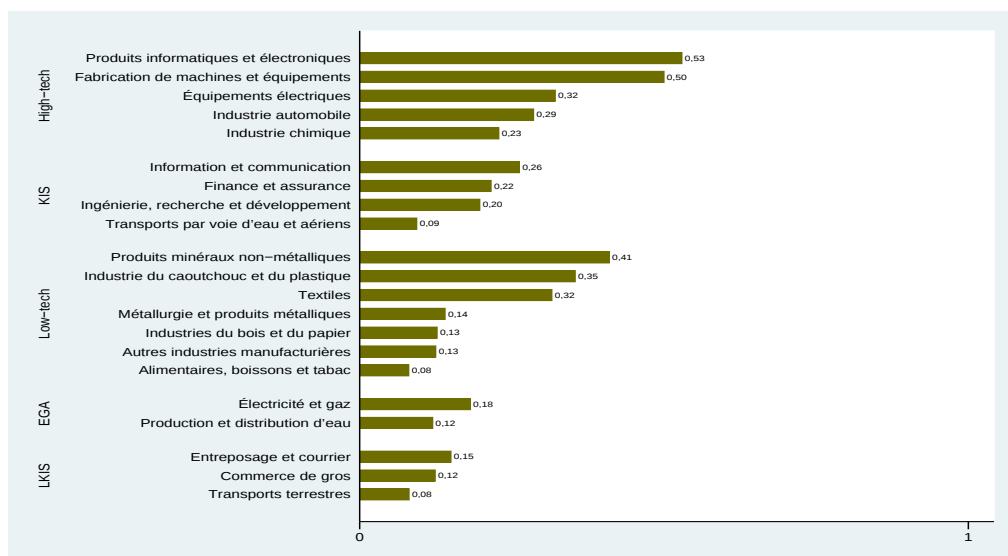
Figure 19 – Le degré d'importance des sources institutionnelles d'information pour des activités d'innovation par industrie au cours de la période 2002-2010



La coopération pour des activités d'innovation

La figure 20 montre le pourcentage d'entreprises dans chaque industrie qui coopèrent avec d'autres entreprises ou établissements pour des activités d'innovation au cours de la période 2002-2010. Le niveau de coopération est significativement plus élevé dans les industries manufacturières à haute technologie même s'il est relativement faible en moyenne.²²

Figure 20 – La coopération avec d'autres entreprises ou établissements pour des activités d'innovation par industrie au cours de la période 2002-2010



22. Moins d'une entreprise sur cinq en moyenne s'adonne à des activités de coopération avec d'autres entreprises ou établissements.

I.2 La dynamique de l'innovation technologique et non technologique

Le processus d'innovation est intrinsèquement dynamique et l'une de ces composantes dynamiques est la persistance. Cette dernière est définie comme la probabilité de s'adonner à des activités d'innovation à l'instant t sachant qu'on a des activités innovantes à l'instant $t - 1$. Depuis les travaux pionniers de [Raymond \(2007\)](#), de nombreux travaux empiriques analysant la persistance de l'innovation ont été réalisés à partir d'ECI. Nous pouvons citer en exemples les travaux de [Roper et Hewitt-Dundas \(2008\)](#) pour l'Irlande et l'Irlande du Nord, de [Peters \(2009\)](#) pour l'Allemagne, de [Huergo et Moreno \(2011\)](#) pour l'Espagne, de [Raymond et al. \(2013\)](#) pour la France et les Pays-Bas, et de [Le Bas et Poussing \(2014\)](#) pour le Luxembourg.

La figure 21 montre l'évolution du pourcentage d'innovateurs technologiques au cours de la période 2002-2010 selon le secteur d'activité. De manière générale, ce pourcentage est relativement constant ou diminue légèrement entre le début et la fin de la période, avec très peu de variations entre les deux, à l'exception du secteur EGA où il augmente de manière significative mais non monotone entre le début et la fin de la période. Ce pourcentage est également nettement supérieur dans le secteur high-tech et dans une moindre mesure dans le secteur KIS que dans les autres secteurs.

La figure 22 montre l'évolution du pourcentage d'innovateurs non technologiques au cours de la même période selon le secteur d'activité. La différence entre les pourcentages d'innovateurs dans les secteurs high-tech et KIS d'une part et dans les autres secteurs d'autre part n'est plus aussi soutenue. L'on observe toujours de manière générale un pourcentage d'innovateurs qui reste constant ou qui décroît légèrement entre le début et la fin de la période, à l'exception cette fois-ci du secteur LKIS où l'on observe une diminution significative du pourcentage d'innovateurs et du secteur EGA où l'on observe une augmentation significative de ce pourcentage.

Le tableau 3 montre des probabilités de transition entre les statuts innovant et non innovant à l'instant $t - 1$ aux mêmes statuts à l'instant t . Une entreprise qui n'a pas innové à l'instant $t - 1$ a plus de chance de ne pas innover à l'instant t . De même, une entreprise qui a innové à l'instant $t - 1$ est plus à même d'innover à l'instant t . En d'autres

Figure 21 – L'évolution du pourcentage d'innovateurs technologiques au cours de la période 2002-2004 selon le secteur d'activité

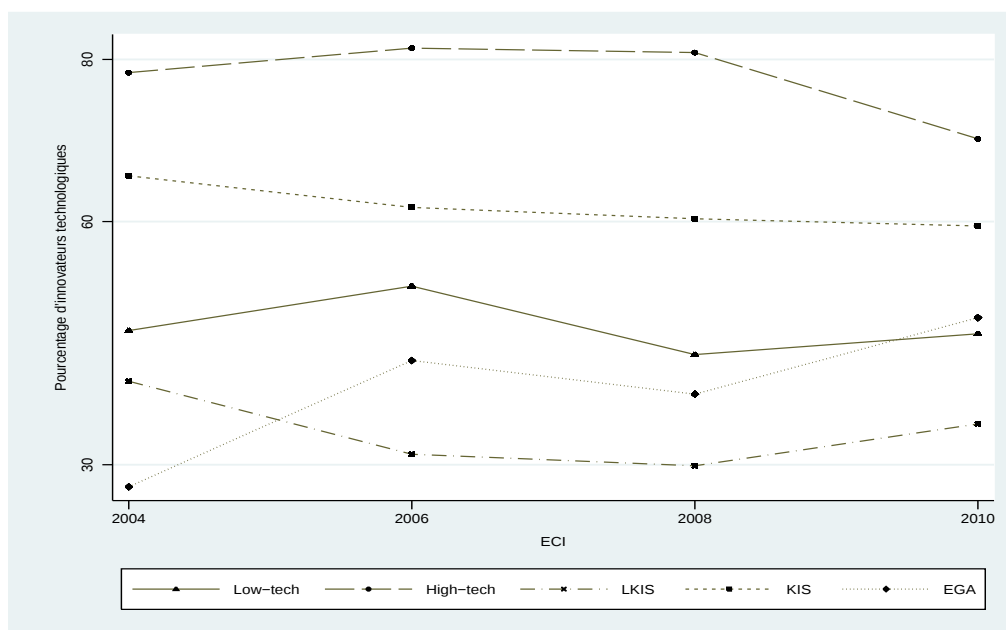
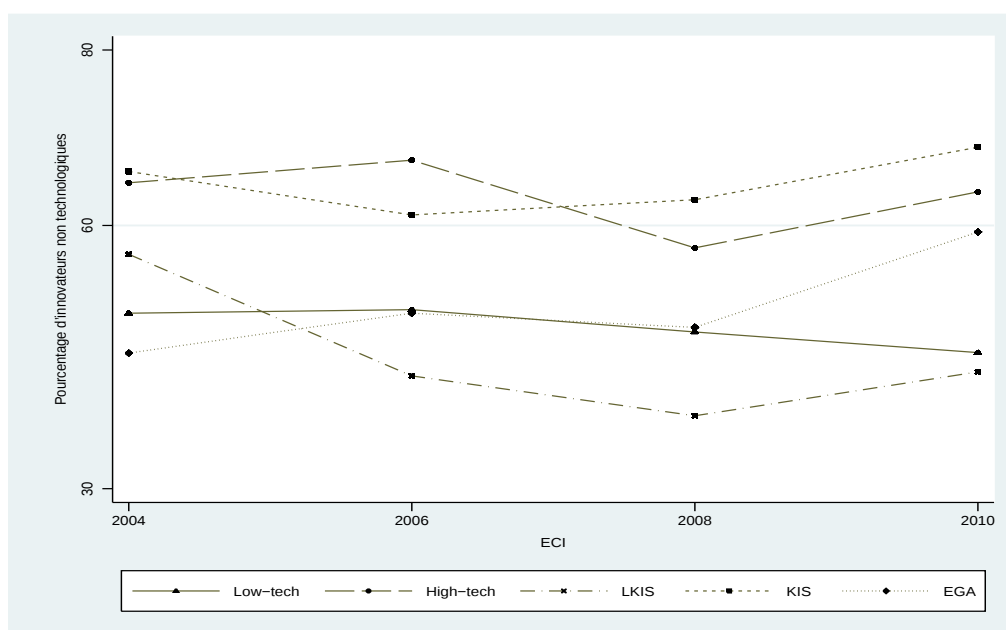


Figure 22 – L'évolution du pourcentage d'innovateurs non technologiques au cours de la période 2002-2004 selon le secteur d'activité



termes, les probabilités de conserver son statut au cours du temps sont plus élevées que celles d'en changer. Lorsqu'une entreprise change de statut entre les instants $t - 1$ et t , la probabilité de passer du statut d'entreprise non innovante à celui d'entreprise innovante est plus élevée que dans le cas contraire. La persistance de l'innovation, c'est-à-dire la probabilité de conserver son statut innovant est relativement plus élevé dans le cas de

l'innovation technologique.

Tableau 3 – La persistance de l'innovation technologique et non technologique à travers les probabilités de transition

Innovation technologique		Enquête communautaire sur l'innovation			
Instant t-1	Instant t	ECI 2004-ECI 2006	ECI 2006-ECI 2008	ECI 2008-ECI 2010	
Non	Non	0,67	0,69	0,72	
	Oui	0,33	0,31	0,28	
Oui	Non	0,23	0,24	0,24	
	Oui	0,77	0,76	0,76	
Innovation non technologique		Enquête communautaire sur l'innovation			
Instant t-1	Instant t	ECI 2004-ECI 2006	ECI 2006-ECI 2008	ECI 2008-ECI 2010	
Non	Non	0,60	0,63	0,65	
	Oui	0,40	0,37	0,35	
Oui	Non	0,32	0,34	0,29	
	Oui	0,68	0,66	0,71	

Deuxième partie

Analyse économétrique

Dans cette deuxième partie de l'analyse, nous allons estimer un modèle économétrique pour expliquer le comportement innovant des entreprises au Luxembourg au cours de la période 2002-2010. Nous utilisons comme variables expliquées l'introduction d'innovations technologiques et non technologiques, respectivement *tech* et *nontech*. Puisqu'on utilise des données de panel, des indices d'individu i et de temps t sont ajoutés à chaque variable. Les variables explicatives comprennent le comportement innovant à l'instant $t - 1$ pour capter de la persistance et des facteurs d'incitations et de capacité des entreprises à innover, que l'on note par **facteurs**, définis dans la première partie de l'analyse. Ainsi, les moyennes conditionnelles du modèle s'écrivent sous la forme suivante :

$$\mathbb{E}(tech_{it}|\dots) = f_1(tech_{i,t-1}, nontech_{i,t-1}, \mathbf{facteurs}_{it}, \alpha_{1i}, \mu_{1t}; \boldsymbol{\theta}_1), \quad (1)$$

$$\mathbb{E}(nontech_{it}|\dots) = f_2(tech_{i,t-1}, nontech_{i,t-1}, \mathbf{facteurs}_{it}, \alpha_{2i}, \mu_{2t}; \boldsymbol{\theta}_2). \quad (2)$$

Les fonctions f sont des fonctions non linéaires des variables explicatives, les termes α et μ captent respectivement les effets spécifiques à l'entreprise que l'on approxime par des

indicatrices d'industrie et les effets du temps pris en compte par l'inclusion d'indicatrices temporelles. Les vecteurs θ du modèle contiennent les coefficients à estimer.²³

Les déterminants de l'innovation technologique et non technologique

Le tableau 4 montre les estimations des effets partiels moyens (EPM) du modèle et de leur écart-type après estimation par maximum de vraisemblance. Les déterminants de l'innovation technologique et non technologique sont estimés dans un cadre empirique unifié.

Tableau 4 – L'estimation par maximum de vraisemblance des effets partiels moyens des déterminants de l'innovation technologique et non technologique

Variable	Innovation technologique _t		Innovation non technologique _t	
	EPM	Écart-type	EPM	Écart-type
Incitations à innover				
Obstacles liés au marché _{t-1}	-0,020	0,027	-	-
Manque d'incitations _{t-1}	-0,060*	0,028	-	-
Méthodes de protection				
formelles	0,082*	0,034	-	-
stratégiques	0,201**	0,036	-	-
Capacité d'innover				
Taille, log(employés)	0,043**	0,013	0,072**	0,014
% d'effectif ayant un diplôme universitaire				
[5%, 50%]	0,110**	0,039	0,077 [†]	0,043
>50%	0,169**	0,053	0,204**	0,058
Statut de conglomerat				
Conglomerat local	0,051	0,037	0,014	0,043
Multinationale	-0,007	0,037	0,070 [†]	0,042
Intensité d'innovation _{t-1}	0,006*	0,003	-	-
Coopération _{t-1}	0,090*	0,037	-	-
Dynamique de l'innovation				
Innovation technologique _{t-1}	0,141**	0,039	0,107**	0,037
Innovation non technologique _{t-1}	0,091**	0,031	0,210**	0,036
# observations	868			
Niveau de significativité :	† : 10%	* : 5%	** : 1%	

Les facteurs d'incitations les plus déterminants pour l'introduction d'innovations tech-

23. Étant donné la nature dichotomique des variables explicatives, le modèle défini aux équations (1) et (2) est un modèle probit bivarié dynamique dont l'estimation se trouve expliquée dans des manuels d'économétrie classiques comme [Greene *et al.* \(2011\)](#).

nologiques sont les méthodes de protection et la non-nécessité d'innover en raison d'innovations précédentes ou en l'absence de demande d'innovations. La méthode de protection des innovations, surtout la méthode stratégique, a un effet positif et significatif sur la probabilité d'introduire des innovation technologiques. Celle-ci augmente de 0,20 sur l'intervalle unitaire lorsqu'une entreprise utilise cette méthode. Le manque d'incitations dû à des innovations précédentes ou à l'absence de demande d'innovations diminue la probabilité d'innover de 0,06. La taille, le niveau de qualification des employés, l'intensité des dépenses d'innovation et la coopération avec d'autres acteurs pour des activités d'innovation, reflétant la capacité d'innover, sont les facteurs déterminants de l'innovation technologique. Par exemple, une augmentation de l'intensité des dépenses d'innovation de 10% à l'instant $t - 1$ accroît la probabilité d'innover à l'instant t , c'est-à-dire deux ans plus tard, de 0,06 sur l'intervalle unitaire. Enfin, nous observons de la dynamique dans le comportement innovant. En d'autres termes, une entreprise qui a introduit des innovations technologiques ou non technologiques à l'instant $t - 1$ a plus de chance d'introduire des innovations technologiques à l'instant t . La probabilité d'introduire de telles innovations à l'instant t sachant que l'on a introduit des innovations technologiques ou non technologiques à l'instant $t - 1$ augmente respectivement de 0,14 et de 0,09.

Quant à l'innovation non technologique, les grandes entreprises, celles qui possèdent un pourcentage de personnel qualifié élevé et celles qui appartiennent à une multinationale sont les plus susceptibles d'introduire des innovations organisationnelles ou de commercialisation.²⁴ Comme pour l'innovation technologique, l'introduction d'innovations non technologiques dépend de manière significative du comportement innovant passé.

Quelques recommandations politiques

Les figures 23 et 24 montrent les effets de l'innovation passée sur l'innovation présente selon la taille au cours de la période 2002-2010. Les effets dynamiques de l'innovation, en particulier la persistance, diminuent avec la taille de l'entreprise. En d'autres termes, les petites et moyennes entreprises, même si elles ont moins de moyens pour entreprendre

24. Étant principalement orientée vers l'innovation technologique, l'ECI possède beaucoup moins de questions relatives à l'innovation non technologique, d'où une liste plus réduite de variables indépendantes pour expliquer l'innovation non technologique.

des activités d'innovation, sont plus susceptibles d'innover à l'instant t si elles ont déjà innové à l'instant $t - 1$. Puisque la rentabilité de l'entreprise et sa capacité d'innover de manière persistante sont très fortement liées (Cefis et Ciccarelli, 2005), et que l'innovation conditionne la survie même de l'entreprise (Cefis et Marsili, 2005), toute mesure incitative d'innovation de la part des décideurs publics, telle que les crédits d'impôt, devrait de préférence cibler les PME au détriment des grandes et très grandes entreprises.

Figure 23 – Les effets de l'innovation passée sur l'innovation technologique présente selon la taille au cours de la période 2002-2010

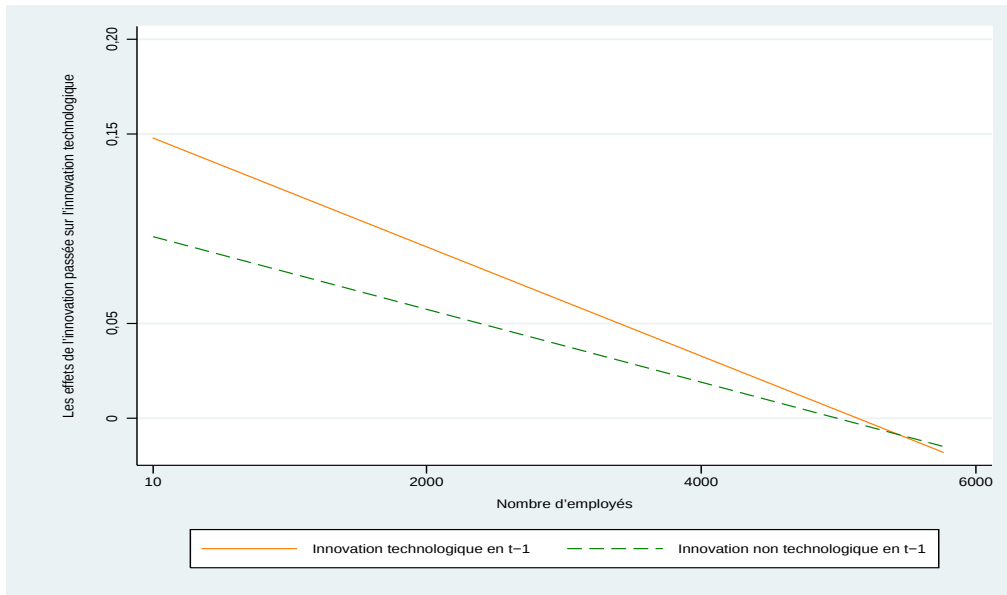
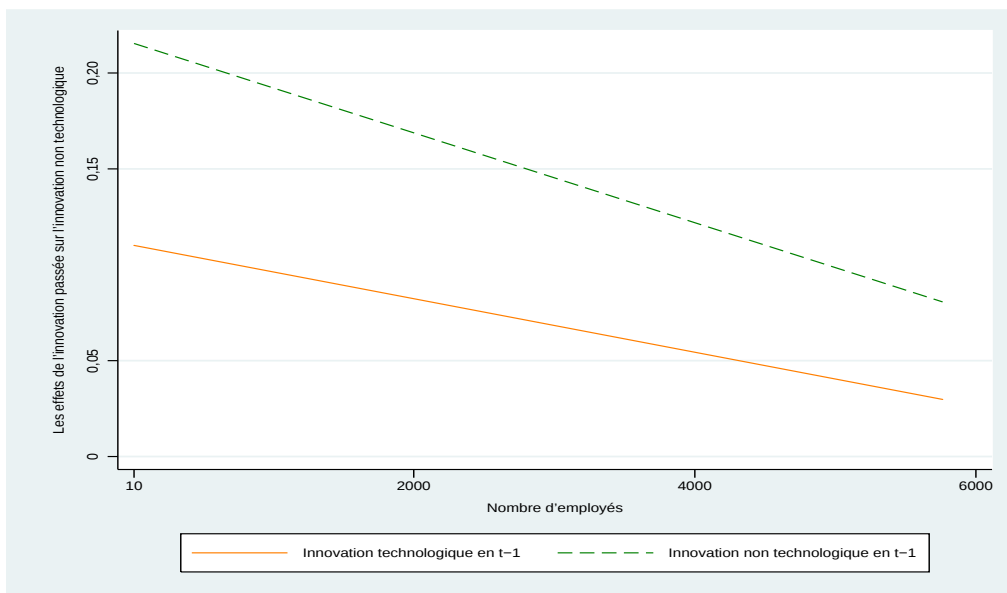


Figure 24 – Les effets de l'innovation passée sur l'innovation non technologique présente selon la taille au cours de la période 2002-2010



Troisième partie

Le rôle de l'innovation dans la performance économique

L'innovation n'est pas une fin en soi. Les entreprises qui s'y adonnent ont pour objectif principal d'améliorer leur performance économique. Nombreuses sont les études qui trouvent une relation positive entre l'innovation technologique et la performance économique mesurée par la productivité (Crépon *et al.*, 1998; Parisi *et al.*, 2006), la rentabilité (Cefis et Ciccarelli, 2005) ou la croissance du chiffre d'affaires (Klomp et van Leeuwen, 2001). Moins nombreuses en revanche sont celles qui prennent en compte l'innovation non technologique dans une telle relation. Les études de Schmidt et Rammer (2007) et de Polder *et al.* (2010) constituent des exceptions mais ne quantifient nullement les effets des deux types d'innovation sur la performance. Notre approche permet de quantifier dans un cadre unifié non seulement les effets exclusifs des deux types d'innovation mais encore l'effet de leur combinaison. Nous utilisons le taux de croissance du chiffre d'affaires comme mesure de performance économique. Le cadre empirique comprend les équations (1) et (2) et une équation de performance économique définie de la façon suivante :

$$\mathbb{E}(\Delta \ln y_{it} | \dots) = f_3(\text{tech}_{it}, \text{nontech}_{it}, \text{tech}_{it} \times \text{nontech}_{it}, \mathbf{contrôles}_{it}, \alpha_{3i}, \mu_{3t}; \boldsymbol{\theta}_3), \quad (3)$$

où $\Delta \ln y$ note le taux de croissance du chiffre d'affaires, **contrôles** est un vecteur de variables de contrôles, α_3 et μ_3 captent respectivement les effets spécifiques à l'entreprise et au temps, et $\boldsymbol{\theta}_3$ est un vecteur de coefficients à estimer. En incluant l'interaction $\text{tech}_{it} \times \text{nontech}_{it}$ dans la moyenne conditionnelle, nous isolons l'effet exclusif de l'innovation technologique, celui de l'innovation non technologique et l'effet de leur combinaison.²⁵

Le tableau 5 montre les effets exclusifs des deux types d'innovation et l'effet de leur combinaison sur le taux de croissance du chiffre d'affaires des entreprises. L'on observe que la performance économique ne s'améliore que pour les entreprises qui s'adonnent aux deux

25. L'estimation en deux étapes et le calcul des trois types d'effet sont expliqués en détail dans le papier de Azomahou *et al.* (2014).

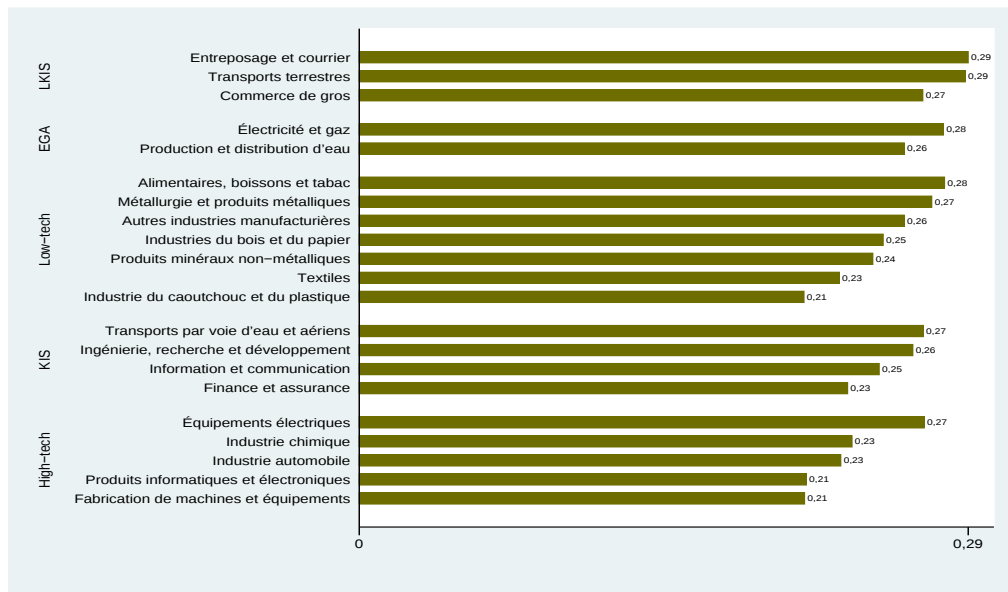
types d'innovation. *Ceteris paribus*, le taux de croissance de ces entreprises augmente de 0,25 point de pourcentage.

Tableau 5 – L'estimation en deux étapes des effets partiels moyens des deux types d'innovation sur le taux de croissance du chiffre d'affaires

Variable	Taux de croissance du chiffre d'affaires	
	EPM	Écart-type
Innovation technologique exclusive	-0,151	0,082
Innovation non technologique exclusive	-0,039	0,077
Combinaison des deux types d'innovation	0,254*	0,101
# observations	868	
Niveau de significativité : * : 5%		

La figure 25 montre l'effet de la combinaison des deux types d'innovation sur le taux de croissance selon le secteur d'activité. Les entreprises des secteurs les moins innovants, c'est-à-dire LKIS, EGA et low-tech, ont un plus fort potentiel de croissance sous l'influence des deux types d'innovation. Toute politique incitative de croissance à travers l'innovation devrait donc cibler de préférence ces secteurs.

Figure 25 – L'effet d'une combinaison des deux types d'innovation sur le taux de croissance du chiffre d'affaires selon le secteur d'activité



Références

Agarwal, R., Audretsch, D. B., 2001. Does entry size matter ? The impact of the life cycle and technology on firm survival. *Journal of Industrial Economics* 49, 21–43.

- Allegrezza, S., 1992. Recherche et innovation dans les entreprises luxembourgeoises. L'influence de la taille et de la pression de la concurrence, Cahiers d'Économie, Séminaire d'Économie, Centre Universitaire, Luxembourg.
- Amara, N., Landry, R., 2005. Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms : Evidence from the 1999 statistics Canada innovation survey. *Technovation* 25, 245–259.
- Arrow, K. J., 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In : Nelson, R. (Ed.), *The Rate and Direction of Inventive Activity : Economic and Social Factors*. Princeton University Press (for NBER), pp. 609–626.
- Azomahou, T., Diallo, F., Raymond, W., 2014. The harmony of programs package : Quasi-experimental evidence on deworming and canteen interventions in rural Senegal. UNU-Merit Working Paper Series #2013-050.
- Becker, W., Dietz, J., 2004. R&D cooperation and innovation activities of firms-Evidence for the German manufacturing industry. *Research Policy* 33, 209–223.
- Black, S. E., Lynch, L. M., 2001. How to compete : The impact of workplace practices and information technology on productivity. *Review of Economic Statistics* 83, 434–445.
- Breschi, S., Malerba, F., Orsenigo, L., 2000. Technological regimes and Schumpeterian patterns of innovation. *Economic Journal* 110, 388–410.
- Brouwer, E., Kleinknecht, A. H., 1996. Determinants of innovation : A micro econometric analysis of three alternative innovative output indicators. In : Kleinknecht, A. H. (Ed.), *Determinants of Innovation : The Message from New Indicators*. Macmillan Press, London, pp. 99–124.
- Cefis, E., Ciccarelli, M., 2005. Profit differentials and innovation. *Economics of Innovation and New Technology* 14, 43–61.
- Cefis, E., Marsili, O., 2005. A matter of life and death : Innovation and firm survival. *Industrial and Corporate Change* 14, 1167–1192.

- Crépon, B., Duguet, E., Kabla, I., 1996. Schumpeterian conjectures : A moderate support from various innovation measures. In : Kleinknecht, A. H. (Ed.), *Determinants of Innovation : The Message from New Indicators*. Macmillan, London, pp. 63–984.
- Crépon, B., Duguet, E., Mairesse, J., 1998. Research, innovation and productivity : An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology* 7, 115–158.
- Greene, W., Azomahou, T., Nguyen Van, P., Raymond, W., Schachter, D., 2011. *Économétrie*. Pearson Education France.
- Griliches, Z., 1979. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics* 10, 92–116.
- Griliches, Z., Mairesse, J., 1984. Productivity and R&D at the firm level. In : Griliches, Z. (Ed.), *R&D, Patents and Productivity*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 339–374.
- Hollenstein, H., 1996. A composite indicator of a firm’s innovativeness. An empirical analysis based on survey data for Swiss manufacturing. *Research Policy* 25, 633–645.
- Huergo, E., Moreno, L., 2011. Does history matter for the relationship between R&D, innovation and productivity. *Industrial and Corporate Change* 20, 1335–1368.
- Kleinknecht, A., Bain, D., 1993. *New Concepts in Innovation Output Measurement*. Palgrave Macmillan, London.
- Klomp, L., van Leeuwen, G., 2001. Linking innovation and firm performance : A new approach. *International Journal of the Economics of Business* 8, 343–364.
- Le Bas, C., Poussing, N., 2014. Are complex innovators more persistent than single innovators ? An empirical analysis of innovation persistence drivers. *International Journal of Innovation Management* 18, 1–21.
- Mairesse, J., Mohnen, P., 2010. Using innovation surveys for econometric analysis, NBER Working Paper No. 15857.

- OECD, 2005. Oslo Manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition. OECD Publishing, Paris.
- Pakes, A., Griliches, Z., 1980. Patents and R&D at the firm level : A first report. *Economics Letters* 5, 377–381.
- Parisi, M. L., Schiantarelli, F., Sembenelli, A., 2006. Productivity, innovation and R&D : Micro evidence for Italy. *European Economic Review* 50, 2037–2061.
- Peters, B., 2009. Persistence of innovation : Stylised facts and panel data evidence. *Journal of Technology Transfer* 34, 226–243.
- Polder, M., van Leeuwen, G., Mohnen, P., Raymond, W., 2010. Product, process and organizational innovation : Drivers, complementarity and productivity effects, uNUN-MERIT, Working Paper Series #2010-35.
- Raymond, W., 2007. The Dynamics of Innovation and Firm Performance : An Econometric Panel Data Analysis. Universitaire Pers Maastricht.
- Raymond, W., Mairesse, J., Mohnen, P., Palm, F., 2013. Dynamic models of R&D, innovation and productivity : Panel data evidence for Dutch and French manufacturing, NBER Working Paper 19074.
- Raymond, W., Plotnikova, T., 2014. How does firms’ perceived competition affect technological innovation in Luxembourg, Working Papers du STATEC (forthcoming).
- Roper, S., Hewitt-Dundas, N., 2008. Innovation persistence : Survey and case-study evidence. *Research Policy* 37, 149–162.
- Scherer, F., 1967. Market structure and the employment of scientists and engineers. *American Economic Review* 57, 524–531.
- Schmidt, T., Rammer, C., 2007. Non-technological and technological innovation : Strange bedfellows ?, *zEW*, Discussion Paper No. 07-052.
- Schumpeter, J. A., 1942. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper and Brothers, New York.

- Tomlinson, P. R., 2010. Co-operative ties and innovation : Some new evidence for UK manufacturing. *Research Policy* 39, 762–775.
- Veugelers, R., Cassiman, B., 2004. Foreign subsidiaries as a channel of international technology diffusion : Some direct firm level evidence from Belgium. *European Economic Review* 48, 455–476.
- Vinding, A. L., 2006. Absorptive capacity and innovative performance : A human capital approach. *Economics of Innovation and New Technology* 15, 507–517.