

# **Impacts du CIR sur les principaux indicateurs d'innovation des enquêtes CIS et la productivité des entreprises**

**Rapport final – 14/12/2018**

*Jimmy Lopez et Jacques Mairesse*

**Projet bénéficiant d'une subvention de France Stratégie et du ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur**

Jimmy Lopez  
Université de Bourgogne Franche-Comté (LEDi) and Banque de France  
LEDi 2 boulevard Gabriel, BP 26611, 21066 DIJON cedex, France (e-mail: [jimmy.lopez@u-bourgogne.fr](mailto:jimmy.lopez@u-bourgogne.fr))

Jacques Mairesse  
ENSAE (CREST), Maastricht University (UNU-MERIT), Banque de France and NBER  
ENSAE, 5, avenue Le Chatelier, 91120, Palaiseau,, France (e-mail: [Jacques.Mairesse@ensae.fr](mailto:Jacques.Mairesse@ensae.fr))

## Synthèse

Le Crédit d'Impôt Recherche (CIR) est un dispositif essentiel de la politique française de recherche et d'innovation. Depuis sa création en 1984, il a été maintes fois réformé pour devenir en 2008 un crédit d'impôt en volume assis entièrement sur un montant de dépenses de R&D, après avoir été depuis 2004 à la fois incrémental et en volume, et auparavant uniquement incrémental. La réforme de 2008 a conduit à une très forte augmentation du crédit d'impôt total dont bénéficient les entreprises françaises, son montant passant de 1,7 milliards € en 2007 à 4,2 milliards € en 2008 et continuant à augmenter depuis. Ce rapport participe aux évaluations de l'impact du CIR et particulièrement de cette réforme. Le CIR a déjà fait l'objet d'évaluations, mais celles-ci ont été fortement ralenties par les problèmes de disponibilité des données comptables d'entreprises nécessaires dans le cadre de l'évolution de la politique de la DGI et de l'INSEE en la matière. Les études économétriques n'ont ainsi pas pu se développer au rythme initialement prévu pour évaluer la réforme 2008.

L'impact de cette réforme sur les dépenses de R&D des entreprises a déjà fait l'objet d'études, notamment l'évaluation ex-ante par Mulkay et Mairesse (2013). L'objectif de ce rapport est d'étendre cette étude aux conséquences du CIR sur l'innovation et la productivité des entreprises. En d'autres termes, nous souhaitons évaluer si les dépenses de R&D supplémentaires des entreprises induites par le CIR ont permis de rendre ces entreprises plus innovantes et plus efficaces. D'autres travaux ont analysés l'influence du CIR sur la R&D et l'innovation. En particulier, Bozio, Irac et Py (2014) étudient l'influence du CIR sur l'investissement en R&D et sur les brevets, en identifiant les effets du CIR grâce aux différences d'évolutions avant/après 2008 de ces variables entre les entreprises bénéficiant du CIR et celles qui n'en ont pas fait la demande (approche dite en double-différence). Cette analyse suggère un impact important de la réforme du CIR de 2008 sur l'investissement en R&D, mais pas d'effets sur les brevets. Dans ce rapport, nous utilisons des données et une méthode différentes.

Nous proposons une approche économétrique dite structurelle : nous estimons l'impact du coût d'usage du capital R&D sur l'investissement en R&D des entreprises, puis celui de ces investissements sur leurs innovations et de celles-ci sur leurs gains de productivité. Nous pouvons ensuite calculer la réduction du coût d'usage du capital R&D induite par le CIR et ainsi évaluer l'impact du CIR sur l'investissement en R&D, l'innovation et la productivité. Un aspect méthodologique important de notre analyse est la prise en compte de la dynamique du processus, suivant laquelle les succès passés ont un effet direct sur la probabilité de succès futur, que cela soit en termes d'innovation ou de productivité.

Notre analyse mobilise principalement les données des enquêtes communautaires sur l'innovation (CIS) concernant les entreprises françaises des vagues 2002-2004, 2006-2008 et 2010-2012. Ces enquêtes de nombreuses mesures sur les innovations de produits et services, de procédés, organisationnelles et marketing. Ces données sont associées à celles de la base de gestion du CIR (GECIR). Notre analyse mesure l'effet du CIR via la marge intensive, c'est-à-dire via son effet sur le montant investi en R&D par les entreprises qui investissent, mais par manque d'information ne peut prendre en compte son effet via la marge extensive, c'est-à-dire la probabilité d'investir en R&D. Nos résultats peuvent donc sous-estimer les effets du CIR.

D'après ces résultats, la baisse du coût d'usage du capital R&D induite par la réforme du CIR en 2008 entrainerait à long-terme une hausse de 28.2% de l'intensité de R&D (le ratio de l'investissement en R&D sur l'emploi de l'entreprise), une probabilité d'innover plus forte de 2.5% et un gain de

productivité de 1.7%. Il semble aussi que l'investissement en R&D et la probabilité d'innover soient plus sensibles au coût d'usage du capital R&D et donc au CIR pour les petites entreprises, mais inversement l'innovation semble d'autant plus importante pour la productivité que l'entreprise est grande. Les effets du CIR sur la productivité des entreprises seraient équivalents pour les petites et moyennes entreprises, mais plus importants pour les grandes entreprises (plus de 1,500 employés).

Ces résultats doivent être pris avec une grande précaution. Ces évaluations doivent être approfondies et confirmées par d'autres études mobilisant de nouvelles données et permettre en particulier de prendre en compte l'effet du CIR via la marge extensive.

## Table des matières

Synthèse .....	2
I. Introduction.....	5
II. Les données.....	7
a. CIR et coût d'usage du capital R&D.....	8
b. L'innovation.....	9
III. Le modèle .....	10
IV. Principaux résultats d'estimation.....	12
a. Impact sur les produits et services nouveaux pour le marché et la productivité .....	12
b. Analyse des différentes mesures de l'innovation .....	14
V. Comparaison des effets du CIR selon la taille des entreprises.....	19
VI. Conclusion .....	23
Références.....	24
Glossaire .....	25
VII. Annexe.....	27
A. Autres mesures de l'innovation .....	27
B. Analyse de sensibilité .....	33
C. Formes réduites.....	41
D. Analyse de la marge extensive de R&D .....	42
E. Impact du CIR sur l'emploi .....	44

## I. Introduction

Le Crédit d'Impôt Recherche (CIR) est devenu central dans la politique française de recherche et d'innovation. Créé en 1983 comme un crédit d'impôt déterminé en fonction des augmentations des dépenses de Recherche & Développement (R&D) des entreprises, il a été maintes fois réformé pour devenir en 2008 un crédit d'impôt basé uniquement sur le montant des dépenses de R&D. Cette dernière réforme a conduit à une très forte augmentation du crédit d'impôt total dont bénéficient les entreprises françaises, son montant passant de 1,7 milliards € en 2007 à 4,2 milliards € en 2008 et continuant à augmenter depuis.

L'évaluation des effets du CIR constitue donc un enjeu très important pour l'ensemble des politiques en faveur de l'innovation. Le CIR a déjà fait l'objet d'évaluations, mais celles-ci ont été ralenties par les problèmes de disponibilité de données statistiques sur les entreprises dans le cadre de l'évolution de la politique de l'INSEE en la matière. Les études économétriques n'ont ainsi pas pu se développer au rythme initialement prévu pour évaluer la réforme de 2008. Le présent rapport participe de l'évaluation du CIR et plus particulièrement de sa réforme de 2008.

L'impact de cette réforme sur les dépenses de R&D a déjà été évalué par Mulkay et Mairesse (2013). Cette étude estime l'influence du coût d'usage sur la demande de capital R&D, puis les auteurs peuvent en déduire l'effet du CIR sur l'investissement en R&D via son influence sur le coût d'usage.<sup>1</sup> Notre analyse étend cette approche à l'évaluation des effets du CIR sur l'innovation et la productivité des entreprises, par l'estimation d'une série d'équations à la manière des modèles dits CDM (pour Crépon, Duguet et Mairesse, 1998) : (1) l'effet du coût d'usage sur l'investissement en R&D ; (2) l'impact de cet investissement sur l'innovation ; et (3) l'influence de l'innovation sur la productivité des entreprises. Nous ne pouvons pas observer le coût d'usage du capital R&D pour les entreprises n'investissant pas en R&D, ce coût dépendant de la composition de la R&D et d'autres facteurs qui sont alors non-observables. Aussi, ce rapport se concentre sur l'effet du CIR via la marge intensive, c'est-à-dire l'effet du CIR sur le montant investi en R&D, sans prendre en compte son effet via la marge extensive, c'est-à-dire via l'impact du CIR sur la probabilité d'investir en R&D. De ce point de vue notre analyse minimise les effets du CIR.

D'autres travaux ont déjà analysés l'influence du CIR sur l'innovation. En particulier, Bozio, Irac et Py (2014) étudient l'influence du CIR sur l'investissement en R&D et sur les brevets. Ces auteurs utilisent une approche en double-différence permettant d'identifier les effets de la réforme grâce aux différences d'évolutions du capital R&D et du nombre de brevets avant/après 2008 entre les entreprises bénéficiant du CIR et celles qui n'en ont pas fait la demande. Leurs résultats d'estimation suggèrent un impact important de la réforme du CIR de 2008 sur l'investissement en R&D, mais pas

---

<sup>1</sup> Mulkay et Mairesse (2013) est une analyse dite ex-ante, l'élasticité de l'intensité de capital R&D à son coût d'usage étant estimée sur une période antérieure à la réforme. Ces auteurs réalisent en ce moment une analyse ex-post utilisant la même méthode mais estimant l'élasticité coût sur la période 2008-2013. Le présent rapport est une extension de cette analyse, plus précisément un approfondissement du deuxième volet du projet « Impact du CIR sur la R&D, l'Innovation, la Productivité et l'Emploi » (ICRIPE), projet subventionné par le Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MENESR).

d'effet sur les brevets. Notre analyse diffère de celle-ci par notre approche méthodologique, par l'analyse des effets du CIR sur la productivité et par les mesures des innovations.

Afin de mesurer l'innovation des entreprises, nous utilisons les données des enquêtes communautaires sur l'innovation (CIS) concernant les entreprises françaises des vagues d'enquête 2002-2004, 2006-2008 et 2010-2012.<sup>2</sup> Ces enquêtes nous permettent d'étudier les innovations de produits, de procédés, organisationnelles et marketing, chacune de ces 4 formes d'innovations étant décomposables en plusieurs éléments, parfois mesurables de différentes façons. Ces vagues d'enquêtes CIS coïncident avec les dates des réformes successives qui ont vu le passage d'un crédit d'impôt recherche d'abord incrémental en 2000-2004, en partie incrémental et en volume en 2004-2008 et ensuite entièrement en volume en 2008-2012. Ces données sont associées dans nos analyses à celles de la base de gestion du CIR (GECIR) et, pour des analyses de sensibilité, aux données des enquêtes annuelles de R&D des entreprises.

Notre analyse doit bien sûr prendre en compte un certain nombre de difficultés méthodologiques. Nous utilisons pour cela une approche dites structurelle à variables latentes, comme dans tout modèle de type CDM. Cela signifie que nous estimons un système d'équations simultanées représentant des relations économiques en tenant compte de l'endogénéité de certaines explicatives. De plus, notre analyse s'inspire du modèle proposé par Raymond *et al.* (2015), caractérisé par la prise en compte de la dynamique des variables. En effet, nous supposons que les succès passés ont un effet direct sur la probabilité de succès futur, que cela soit en termes d'innovation ou de productivité, tandis que les investissements en R&D doivent être cohérents dans le temps pour être efficaces. Cette spécification dynamique améliore la qualité de nos résultats d'estimation et permet de différencier les effets de court- et long-terme du CIR. Notre modèle diffère toutefois de celui de Raymond *et al.* (2015) par deux aspects importants : (i) ce dernier mobilise les enquêtes CIS 1994-1996, 1998-2000 et 2002-2004 sur la France (et sur les Pays-Bas) ; et (ii) il n'explique pas l'investissement en R&D.

D'après nos résultats d'estimation et nos données observées, la baisse du coût d'usage du capital R&D induite par la réforme du CIR en 2008 entrainerait en moyenne et à long-terme une hausse de l'intensité de R&D de 28%, une probabilité d'innover plus forte de 2.5% et un gain de productivité de 1.7%. Nos résultats d'estimation suggère aussi que l'intensité de R&D et la probabilité d'innover sont plus sensibles au coût d'usage du capital R&D et donc au CIR pour les petites entreprises, mais que l'innovation est d'autant plus importante pour la productivité que l'entreprise est grande. Ce dernier point peut s'expliquer par la capacité des grandes entreprises à valoriser leurs innovations sur des marchés importants, notamment étrangers. Finalement, les effets du CIR sur la productivité des entreprises seraient équivalents pour les entreprises petites (moins de 50 employés) et moyennes (entre 50 et 1499 employés), mais plus importants pour les grandes entreprises (plus de 1500 employés). Toutefois, ces résultats ne prennent pas en compte les effets du CIR sur la probabilité d'investir en R&D (marge extensive) et cet effet est peut-être plus important pour les petites entreprises, lesquelles peuvent souffrir de plus fortes contraintes financières et nous observons dans notre échantillon que la part des entreprises investissant en R&D est plus faible pour les petites entreprises que pour les grandes.

---

<sup>2</sup> Nous n'utilisons pas les données CIS de la vague d'enquête 1998-2000 car trop peu d'entreprises renseignées dans celle-ci l'étaient aussi en 2002-2004 et 2006-2008.

Ce rapport est organisé de la façon suivante. Les données et le modèle sont introduits dans les sections II et III. Nous présentons ensuite, section IV, les principaux résultats d'estimations en tenant compte des différentes mesures de l'innovation. La section V différencie les analyses en fonction de la taille des entreprises. La conclusion, section VI, est suivie des références, d'un glossaire et des annexes, sections VII.

## II. Les données

La principale source de données mobilisée est l'enquête communautaire sur l'innovation (CIS), plus précisément les vagues d'enquêtes 2002-2004, 2006-2008 et 2010-2012. Ces enquêtes sont réalisées en 2004, 2008 et 2012, mais la plupart des questions sur l'innovation portent sur l'activité des trois dernières années.<sup>3</sup> Elles nous fournissent ainsi un grand nombre d'informations sur les innovations réalisées par les entreprises sur cette période, ainsi que sur l'investissement en R&D, le nombre d'employés et le chiffre d'affaire à l'année d'enquête. Nous utilisons ces dernières informations pour calculer la productivité de l'entreprise, mesurée par le chiffre d'affaire par employé. Nos analyses nécessitent aussi le montant du CIR perçus par les entreprises, ce dernier est fourni pas la base de gestion du crédit d'impôt recherche (GECIR) et, pour des analyses de sensibilité, par les données sur le personnel de recherche, le nombre de chercheurs et encore l'investissement en R&D provenant de l'enquête annuelle sur les dépenses de R&D des entreprises (ERD). Les sous-sections a et b ci-après présentent en détail les données sur le coût d'usage du capital R&D, calculé à partir du CIR, et sur l'innovation.

L'échantillon ainsi obtenu est un panel non-cylindré de 6068 observations, avec 704 entreprises observées trois fois et 1916 deux fois (1060 sur 2004-2008 et 856 sur 2008-2012). La spécification principale estimée prenant en compte des valeurs retardées, l'échantillon d'estimation comprend alors 3324 observations, dont 2180 correspondent aux entreprises investissant en R&D systématiquement.<sup>4</sup> 71% des entreprises de notre échantillon investissaient en R&D en 2004, 79% en 2008 et 81% en 2012, pour des montants médian de 880 k€, 693 k€ et 700 k€.

Les entreprises de cet échantillon sont grandes relativement à la composition des entreprises françaises : le nombre médian d'employés par entreprise est de 351 employés. Cela s'explique à la fois par la méthode d'échantillonnage de l'enquête CIS et notre méthode d'analyse sur un panel d'entreprises. L'enquête CIS vise à enquêter les entreprises de 250 employés et plus de façon exhaustive, alors que pour les entreprises moins grandes une méthode d'échantillonnage stratifiée est utilisée, les entreprises de moins de 10 employés n'étant pas enquêtées. Les petites entreprises ont donc peu de chance d'être enquêtées lors de plusieurs vagues d'enquêtes successives, ce qui est nécessaire pour notre analyse dynamique. Afin de prendre en compte les entreprises de plus petites

---

<sup>3</sup> Il existe aussi des enquêtes CIS entre ces périodes, parfois avec un échantillonnage plus restreint. Malheureusement, les périodes observées dans ces enquêtes intermédiaires chevauchent celles des enquêtes 2002-2004, 2006-2008 et 2010-2012 et il ne nous est pas possible de les utiliser sans risque de compter deux fois une même innovation.

<sup>4</sup> L'investissement en R&D est très persistant et les entreprises de notre échantillon ne sont pas renseignées un grand nombre de fois, il en résulte que quasiment toutes les entreprises de notre échantillon investissant en R&D le font de façon systématique, c'est-à-dire à chaque fois que nous les observons.

tailles, la section V modifie donc l'approche économétrique en abandonnant la spécification dynamique. L'échantillon d'estimation inclut alors les entreprises enquêtées une seule fois. Il comprend 24 662 observations, avec une taille médiane d'entreprise de 56 employés. Trois sous-échantillons d'estimation sont alors mobilisés : 11 664 observations d'entreprises de moins de 50 employés, 12 072 observations d'entreprises de 50 à 1 499 employés et 926 de 1 500 employés et plus.

#### a. CIR et coût d'usage du capital R&D

Le coût d'usage du capital R&D ( $C$ ) est calculé à partir de la formule suivante :

$$C = P^{RD}(\rho + \delta - \pi)(1 - \gamma)$$

Où  $P^{RD}$  est le prix de l'investissement en R&D, approché par le prix du PIB,  $\rho$  le taux d'escompte (3%),  $\delta$  le taux de dépréciation du capital R&D (15%),  $\pi$  le taux d'inflation et  $\gamma$  le facteur mesurant la réduction du coût d'usage du capital R&D grâce au CIR.<sup>5</sup>

Le facteur  $\gamma$  de réduction du coût d'usage de la R&D est un élément essentiel de l'analyse. Il correspond au ratio de crédit d'impôt effectivement accordé relativement à l'investissement en R&D déclaré dans l'enquête CIS. Ce ratio a évolué au cours du temps, mais il diffère aussi entre les entreprises pour une même année, même après 2008, selon la composition de la dépense de R&D et divers seuils. La définition de la R&D prise en compte dans le CIR peut alors différer de la définition proposée par le manuel de Frascati et retenue pour l'enquête CIS, cette différence pouvant permettre aux estimations d'identifier l'effet du coût d'usage de la R&D sur l'investissement en R&D. Toutefois, le facteur  $\gamma$  de réduction du coût d'usage de la R&D peut aussi être affecté par le comportement de déclaration des entreprises. Il est d'ailleurs intéressant de noter que parmi les entreprises déclarant investir en R&D dans notre échantillon d'estimation, 19% bénéficiaient du CIR en 2004, 79% en 2008 et 81% en 2012.<sup>6</sup> Ce comportement de déclaration des entreprises constitue une des limites de notre approche : s'il est corrélé à d'autres caractéristiques inobservées influençant l'innovation et la productivité, cela peut biaiser nos résultats d'estimation. En moyenne dans notre échantillon le facteur  $\gamma$  de réduction du coût d'usage de la R&D est de 8,6% en 2004, 24,6% en 2008 et 24,2% en 2012. Nous observons donc bien qu'il diffère du taux théorique de 30% effectif depuis que la partie incrémentale du CIR a été abandonnée en 2008.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Seul le facteur  $\gamma$  a une influence dans nos estimations, puisque le coût d'usage est introduit en logarithme et des effets fixes temporels sont inclus systématiquement, or nos mesures des prix, du taux d'escompte, du taux de dépréciation et de l'inflation ne sont pas spécifiques aux entreprises.

<sup>6</sup> Les entreprises déclarant investir en R&D mais ne demandant pas à bénéficier du CIR investissent généralement moins que les autres, mais cette investissement n'est pas négligeable : l'investissement médian en R&D des entreprises ne bénéficiant pas du CIR était de 790 k€ en 2004, 300 k€ en 2008 et 215 k€ en 2012, contre respectivement 1,500 k€, 1,051 k€ et 1000 k€ pour celles bénéficiant du CIR. Notons qu'en 2004 les entreprises demandant à bénéficier du CIR avaient en moyenne un niveau d'investissement en R&D très élevé, un grand nombre d'entreprises dont les investissements en R&D étaient inférieurs ne trouvant peut-être pas intéressant de faire la démarche nécessaire pour bénéficier du CIR.

<sup>7</sup> En 2004, une composante en volume, égale à 5% du montant des dépenses de R&D, a été introduite dans le CIR. Elle complète alors la composante incrémentale du CIR, égale à 45% de l'accroissement des dépenses de R&D de l'entreprise entre la date courante et la dépense moyenne observée dans les deux années précédentes. Cela explique le facteur  $\gamma$  moyen de 8,6% observé en 2004.



## b. L'innovation

L'enquête CIS pose de multiples questions permettant de prendre en compte l'innovation des entreprises. En particulier, notre mesure principale de l'innovation est une variable dichotomique égale à 1 si l'entreprise déclare avoir introduit au moins un produit ou service nouveau sur le marché durant les trois dernières années, et 0 sinon.<sup>8</sup> Nous utiliserons aussi une variable dichotomique concernant les produits et services nouveaux uniquement pour l'entreprise. Ces variables dichotomiques sont complétées par la déclaration de la part de ces nouveaux produits et services dans le chiffre d'affaire. Nous pourrions aussi distinguer les innovations de produits de celles de services, mais nous perdrons alors la possibilité de séparer les innovations nouvelles pour le marché de celles nouvelles uniquement pour l'entreprise.

L'enquête CIS inclut des questions sur d'autres formes d'innovation : de procédés, organisationnelles et marketing. Les questions sur les procédés portent sur les méthodes de fabrication, la logistique et les activités support. Celles organisationnelles portent sur les pratiques managériales, l'organisation des responsabilités et des prises de décisions, l'organisation des relations externes. Enfin, les innovations marketing concernent le packaging, les méthodes de promotion, la distribution et la tarification. Les questions sur les innovations marketing ont été modifiées entre 2004 et 2008, aussi seules les données en 2008 et 2012 seront mobilisées dans nos analyses.<sup>9</sup>

Le tableau 1 présente les fréquences d'innovation dans chacune des dimensions de l'innovation déjà mentionnées, pour notre échantillon d'estimation principal, colonnes (1), et pour le sous-ensemble de cette échantillon constitué des entreprises qui investissent en R&D, colonnes (2). Quel que soit le type d'innovation, une part importante des entreprises de notre échantillon déclarent avoir innové au cours des trois années précédentes, les fréquences les plus faibles étant observées pour les innovations marketing. Toutes les entreprises déclarent avoir innové dans au moins une dimension. Dans l'échantillon d'estimation principal, la fréquence des innovations de produits et services a augmenté sensiblement entre 2004 et 2008, qu'elles soient nouvelles pour le marché ou uniquement pour l'entreprise, puis cette fréquence est restée stable entre 2008 et 2012. Cette évolution n'apparaît pas pour les autres types d'innovation pour lesquelles une certaine stabilité est observée, à l'exception : (i) des 'Procédures' (nouvelles pratiques managériales) dont la fréquence augmente aussi sensiblement entre 2004 et 2008, mais redescend ensuite ; et (ii) des innovations logistiques, dont la fréquence baisse continuellement. Si nous observons seulement les entreprises investissant en R&D, la fréquence d'innovation en produits et services est plus élevée, mais l'augmentation au cours du temps plus faible pour les innovations nouvelles pour le marché et presque inexistante pour les produits et services nouveaux uniquement pour l'entreprise. Pour les autres types d'innovations, les fréquences dans l'échantillon d'entreprises investissant en R&D sont proches de celles dans l'échantillon d'estimation complet. Cette analyse descriptive suggère donc que les dépenses de R&D sont surtout importantes pour les innovations de produits et services et que le CIR aurait eu un effet sur ces innovations.

---

<sup>8</sup> Le glossaire présente les définitions détaillées des nombreuses mesures de l'innovation.

<sup>9</sup> Malheureusement, nous n'avons pas d'informations pour distinguer entre les innovations nouvelles pour le marché ou uniquement pour l'entreprise concernant ces formes d'innovation. Cette question existe pour les innovations de procédés, mais uniquement depuis 2008 et elle est relativement peu renseignée par les entreprises, aussi nous avons choisi de ne pas l'utiliser.

**Tableau 1 : Fréquence d'innovation par type**

Type d'innovation	(1) Ensemble de l'échantillon				(2) Entreprises R&D			
	2004	2008	2012	Ens.	2004	2008	2012	Ens.
Produits et services nouveaux pour :								
le marché	50%	58%	60%	56%	65%	68%	71%	68%
l'entreprise seulement	51%	58%	58%	56%	62%	63%	63%	63%
Innovations par type :								
Produit	69%	71%	68%	70%	85%	81%	79%	82%
Service <sup>(a)</sup>	-	39%	34%	37%	-	41%	33%	38%
Fabrication	65%	60%	57%	61%	71%	64%	59%	65%
Logistique	40%	34%	26%	34%	39%	32%	25%	32%
Support	36%	41%	32%	37%	37%	38%	30%	35%
Procédure	45%	55%	49%	51%	46%	55%	50%	51%
Responsabilité	46%	51%	51%	50%	50%	52%	52%	51%
Relations ext.	29%	28%	29%	29%	32%	30%	30%	31%
Packaging	-	30%	31%	30%	-	31%	34%	32%
Promotion	-	29%	32%	30%	-	27%	32%	29%
Distribution	-	16%	18%	17%	-	16%	17%	16%
Tarification	-	21%	22%	22%	-	21%	21%	21%
Toutes innovations	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Observations	1,764	2,620	1,560	5,944	1,070	1,667	1,107	3,844

(a) : Cette variable n'est pas disponible en 2004 et ne l'est que pour 2,320 observations en 2008 (1586 pour les entreprises investissant en R&D)

### III. Le modèle

L'analyse d'impact du CIR sur l'innovation et la productivité est réalisée à partir d'un modèle structurel à variables latentes. L'analyse principale, qui ne prend en compte que l'effet de marge intensive sur l'investissement en R&D, comprends trois équations : (1) le coût d'usage du capital R&D influence l'intensité de R&D ; (2) cette dernière a ensuite un impact sur la probabilité d'innover ; et (3) l'innovation modifie la productivité de l'entreprise. Cette séquence d'équation permet de prendre en compte l'endogénéité de l'investissement en R&D dans l'équation expliquant l'innovation et de l'innovation dans l'équation de productivité. En effet, nous pouvons soupçonner l'endogénéité de ces variables du fait d'un biais d'omission ou de causalité inverse, ou encore du fait d'erreurs de mesure sur les variables d'innovation (à bien moindre degré de R&D), dont Mairesse et Robin (2013, 2017) montrent qu'elles sont une cause importante d'endogénéité, si ce n'est la source principale.

L'autre aspect méthodologique de cette analyse est la prise en compte de la dynamique des variables dépendantes, comme présenté dans les équations ci-après. Il y a en effet une forte persistance de nos variables. Les succès passés dans l'innovation peuvent expliquer les succès futurs ainsi que la décision d'une entreprise de continuer à investir des montants importants en R&D. Comme dans Raymond *et al.* (2015), notre modèle tiens compte de la dynamique des relations via l'introduction des variables dépendantes retardées dans la liste des explicatives. Etant donné les données mobilisées, il faut noter que retarder les variables d'une période signifie les décaler de 4 ans.

Le coût d'usage du capital R&D ne peut pas être calculé pour les entreprises n'investissant pas en R&D, puisque cela nécessiterait de connaître le montant de CIR qu'elles percevraient si elles décidaient d'investir en R&D. L'équation de R&D est donc estimée uniquement sur l'échantillon d'entreprises investissant en R&D. Cette équation de R&D est formulée ainsi :

$$\begin{aligned} \text{Log}\left(\frac{RD}{L}\right)_{it} = & \alpha_1 + \mu_1 \times \text{Log}\left(\frac{RD}{L}\right)_{it-1} + \theta_1 \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \beta_1 \times \text{Log}(C)_{it} + \lambda_1 \times \text{Log}(L)_{it-1} \\ & + \phi_{1s} + \phi_{1t} + \epsilon_{1it} \end{aligned} \quad (1)$$

Où  $(RD/L)_{it}$  est l'intensité de R&D de l'entreprise  $i$  à la date  $t$ , soit le rapport de  $RD$  l'investissement en R&D (la somme des investissements en R&D internes à l'entreprise et sous-traités) sur  $L$  le nombre d'employés de l'entreprise,  $LP$  est la productivité du travail,  $C$  le coût d'usage du capital R&D,  $\phi_{1s}$  et  $\phi_{1t}$  des effets fixes sectoriels et temporels et  $\epsilon_{1i}$  les résidus d'estimation (cette notation est conservée pour chaque équation  $i$  estimée, avec  $\phi_{is}$  et  $\phi_{it}$  des effets fixes sectoriels et temporels et  $\epsilon_i$  les résidus d'estimation).<sup>10</sup>

La probabilité d'innovation est ensuite estimée sur l'ensemble de l'échantillon à l'aide de l'estimateur Probit appliqué à la spécification suivante :

$$\begin{aligned} \text{Inno}_{it} = & \alpha_2 + \mu_2 \times \text{Inno}_{it-1} + \theta_2 \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \beta_2 \times \text{Log}\left(\frac{RD}{L}\right)_{it} + \eta \times d_i^{RD} \\ & + \lambda_2 \times \text{Log}(L)_{it-1} + \phi_{2s} + \phi_{2t} + \epsilon_{2it} \end{aligned} \quad (2)$$

Où  $\text{Inno}$  est une variable dichotomique égale à 1 si l'entreprise innove et 0 sinon,  $d_i^{RD}$  une variable égale à 1 si l'entreprise investi en R&D et 0 sinon. L'analyse principale mobilise comme mesure de l'innovation les produits et services nouveaux pour le marché. Ceux-ci correspondent mieux à la définition d'une innovation que ceux nouveaux uniquement pour l'entreprise, lesquels reflètent plus un processus d'imitation. Par ailleurs, les innovations de produits et services devraient être plus fortement influencées par le CIR puisque les efforts consentis pour réaliser d'autres innovations, comme les innovations organisationnelles ou marketing, ne sont que partiellement comptabilisés comme des dépenses de R&D. Toutefois, de nombreuses autres mesures de l'innovation sont proposées dans l'analyse, notamment les parts des nouveaux produits ou services dans le chiffre d'affaire, notées  $s$ . Ces parts sont introduites dans les équations estimées via une transformation de type logit :  $\text{Log}(s/(1-s))$ .

Une variante de la relation 2 introduit une forme quadratique de l'intensité de R&D afin d'étudier l'existence rendements d'échelle sur la probabilité d'innover :

$$\begin{aligned} \text{Inno}_{it} = & \alpha_{2'} + \mu_{2'} \times \text{Inno}_{it-1} + \theta_{2'} \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \beta_{2'} \times \text{Log}\left(\frac{RD}{L}\right)_{it} + \delta \times \left(\text{Log}\left(\frac{RD}{L}\right)_{it}\right)^2 \\ & + \eta' \times d_i^{RD} + \lambda_{2'} \times \text{Log}(L)_{it-1} + \phi_{2's} + \phi_{2't} + \epsilon_{2'it} \end{aligned}$$

<sup>10</sup> Nous ne disposons pas des données permettant de calculer le capital R&D de façon satisfaisante pour un échantillon d'entreprises suffisant, aussi nous utilisons l'investissement en R&D comme une approximation du capital R&D. Toutefois, cette erreur de mesure ne conduit pas au biais des estimations puisque l'intensité de R&D est instrumentée grâce à la relation (1). Une analyse de la sensibilité des résultats à ce choix est proposée en annexe.

(2')

Enfin, l'équation de productivité estimée est la suivante :

$$\text{Log}(LP)_{it} = \alpha_3 + \mu_3 \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \beta_3 \times \text{Inno}_{it} + \lambda_3 \times \text{Log}(L)_{it} + \phi_{3s} + \phi_{3t} + \epsilon_{3it} \quad (3)$$

Puisqu'il s'agit de modèles dynamiques, nous pouvons distinguer des élasticités de court- et long-terme. Dans le calcul de ces derniers effets, il nous faut tenir compte de l'usage d'une séquence de trois équations dans lesquelles la productivité retardée intervient systématiquement. Aussi, en utilisant les coefficients présentés aux équations précédentes les effets de long-terme ( $\rho$ ) seront déterminés par les formules suivantes :

- L'effet de long-terme des innovations sur la productivité sera égal à :

$$\rho_3 = \beta_3 / (1 - \mu_3)$$

- L'effet de long-terme de l'intensité en R&D sur l'innovation sera égal à :

$$\rho_2 = \beta_2 / (1 - \mu_2 - \theta_2 \times \rho_3)$$

- L'effet de long-terme du coût d'usage du capital R&D sur l'intensité en R&D sera égal à :

$$\rho_1 = \beta_1 / (1 - \mu_1 - \theta_1 \times \rho_3 \times \rho_2)$$

## IV. Principaux résultats d'estimation

Cette section présente les résultats d'estimations obtenus en utilisant notre spécification principale, soit les relations (1), (2) ou (2') et (3). Les coefficients estimés présentés dans les tableaux de ce rapport sont des coefficients de court-terme et nous utilisons les formules décrites précédemment pour calculer les élasticités de long-terme. De plus, les coefficients estimés à partir de l'estimateur Probit ne peuvent s'interpréter directement comme des effets marginaux et les commentaires des tableaux mobilise les effets marginaux moyens induits par ces coefficients (l'utilisation d'effets marginaux à la médiane ne modifierait pas sensiblement les résultats). La sous-section (a) présente les résultats d'estimation lorsque nous utilisons notre mesure privilégiée de l'innovation : les produits et services nouveaux pour le marché. La sous-section (b) étend l'analyse aux autres mesures de l'innovation.

### a. Impact sur les produits et services nouveaux pour le marché et la productivité

Le tableau 2 présente les résultats d'estimation de notre spécification principale mobilisant comme mesure de l'innovation l'introduction de produits et services nouveaux pour le marché. Nous pouvons observer un effet significatif positif des variables dépendantes retardées dans chacune des estimations, bien que le retard pris en compte soit un décalage de 4 ans. La productivité passée influence l'intensité de R&D, mais pas la probabilité d'innovation. Cela peut signifier que l'effet de la productivité sur l'innovation passe principalement par l'investissement en R&D.

L'influence estimée du coût d'usage du capital R&D sur l'intensité de R&D est significatif, négatif et fort (colonne 1). Une baisse de 10% du coût d'usage permettrait d'augmenter l'intensité de R&D de 12.8% immédiatement et de 18.8% à long-terme, ce qui implique que 1€ de crédit d'impôt recherche induirait une hausse de l'investissement en R&D des entreprises de 1.2€. L'intensité de R&D a ensuite

un effet positif et significatif sur la probabilité d'innover qui elle-même influence positivement la productivité de l'entreprise (colonnes 2 et 3). D'après ces résultats d'estimation, une baisse de 10% du coût d'usage du capital R&D induirait en moyenne : (i) à court-terme, une hausse de 0.9% de la probabilité d'innover et de 0.4% de la productivité ; et (ii) à long-terme, des hausses de 1.7% et 1.1%, respectivement.

La colonne (2') du tableau 2 permet d'étudier la possibilité de rendements d'échelles pour les investissements en R&D. Des rendements décroissants pourraient impliquer que les dépenses de R&D supplémentaires induites par le CIR soient moins efficaces que celles qui auraient été réalisées même en son absence. Une spécification quadratique de l'intensité de R&D est introduite dans l'équation d'innovation afin de prendre en compte cette possibilité (relation 2'). Nous pouvons observer que le coefficient estimé de ce terme n'est pas significatif. Cela peut s'expliquer par la difficulté d'estimer ce type d'effet, ce qui demande généralement une forte précision des estimations et donc un échantillon d'estimation plus important. Cela suggère que même si des rendements d'échelle existaient, ils seraient relativement faibles. Autrement-dit, une entreprise n'investirait pas dans des projets de recherche supplémentaires si le retour qu'elle en espère est fortement inférieur à celui de ses projets existants.

L'analyse de sensibilité montre que ces résultats d'estimations sont robustes à la prise en compte de l'hétérogénéité individuelle (cf. Annexe pour cette analyse de sensibilité et les suivantes). En revanche, ne pas prendre en compte l'endogénéité de l'intensité en R&D et de l'innovation dans les équations d'innovation et de productivité, respectivement, induit une forte sous-estimation des effets de ces variables. Cela suggère l'endogénéité de ces valeurs observées dû aux erreurs de mesures (voir Mairesse et Robin, 2013, 2017). Enfin, la prise en compte de la dynamique des relations augmente fortement le pouvoir explicatif du modèle. L'ensemble de ces résultats conforte la méthodologie du modèle principale. La section suivante étudie avec cette même méthode d'autres mesures d'innovations.

**Tableau 2 : Impact du coût d'usage de la R&D sur la productivité**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1) Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	(2) Innovation ( $\text{Inno}$ )	(2') Innovation ( $\text{Inno}$ )	(3) Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	Probit	MCO
Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )	0.300*** [0.0180]			
Innovation ( $\text{Inno}_{t-1}$ )		0.624*** [0.0491]	0.625*** [0.0491]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.188*** [0.0397]	0.00836 [0.0207]	0.00961 [0.0208]	0.326*** [0.0174]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-1.294*** [0.180]			
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )		0.210*** [0.0409]	0.155** [0.0627]	
Intensité de R&D prédite, au carré ( $(\text{Log}(\widehat{RD}/L))^2$ )			0.0340 [0.0291]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.447*** [0.0640]	0.441*** [0.0643]	
Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )				0.463*** [0.112]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.144*** [0.0230]	0.0910*** [0.0169]	0.0915*** [0.0169]	0.0263* [0.0142]
Observations	2,180	3,324	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.241			0.250
Log Vraisemblance	-3,922	-1,947	-1,946	-5,111

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

### b. Analyse des différentes mesures de l'innovation

Dans cette section, nous étendons l'analyse des effets du coût d'usage du capital R&D, et donc du CIR, à diverses mesure de l'innovation. Nous prenons d'abord en compte d'autres mesures des innovations de produits et services (tableaux 3 et 4), puis nous introduisons les innovations de procédés et organisationnelles (tableau 5).<sup>11</sup> Quel que soit le tableau, les valeurs utilisées pour l'intensité de R&D sont celles prédites à partir des résultats présentés dans le tableau 2, colonne (1).

<sup>11</sup> Le questionnaire CIS permet la distinction entre les innovations de produits ou de services, mais l'information sur les innovations de service n'est pas disponible en 2004. De même, les données sur les innovations marketing ne sont disponibles que sur un sous échantillon relativement limité. Aussi, nous mobilisons ces mesures de l'innovation uniquement en Annexe.

Le tableau 3 complète l'analyse de l'impact du coût d'usage du capital sur les innovations de produits et services en tenant compte de : (i) la contribution de ces produits et services au chiffre d'affaire des entreprises, utilisant alors un estimateur Tobit (colonne 2) ; et (ii) des produits et services nouveaux uniquement pour l'entreprise (colonnes 3 et 4). Le tableau 4 présente ensuite les effets sur la productivité de ces mesures de l'innovation, introduites ensemble ou séparément dans la spécification estimée.

D'après les résultats d'estimation du tableau 3, l'intensité de R&D influence l'occurrence de produits et services nouveaux, que ces derniers soient nouveaux pour le marché ou seulement pour l'entreprise, ou encore mesurés par une variable dichotomique ou par la part de ces produits et services dans le chiffre d'affaire de l'entreprise. En revanche, d'après les résultats d'estimations du tableau 4 : (i) la contribution des nouveaux produits et services au chiffre d'affaire n'a pas d'effet significatif (au seuil de 5%) sur la productivité, du moment que l'estimation tient compte de l'occurrence de ces innovations (cf. colonnes 2 et 4) ; et (ii) l'occurrence de produits et services nouveaux a un effet significatif sur la productivité qu'ils soient nouveaux pour le marché ou seulement pour l'entreprise lorsque ces effets sont estimés séparément (cf. colonnes 1 et 3), mais seul l'effet des produits et services nouveaux pour le marché est significatif si ces deux effets sont estimés simultanément (cf. colonne 5). Ces résultats peuvent suggérer que seul l'occurrence de produits et services nouveaux pour le marché affecte la productivité des entreprises, mais ils peuvent aussi indiquer que ces différentes mesures prennent toutes en compte une même réalité, l'innovation de produits et services, et ne peuvent donc pas être introduites simultanément dans la spécification estimée. Ces deux interprétations nous conduisent à une même conclusion : l'utilisation de l'occurrence de produits et services nouveaux pour le marché comme unique mesure de l'innovation de produits et services dans les spécifications estimées.

Le tableau 5 présente les effets estimés de l'intensité en R&D, prédite par l'équation de R&D, sur les innovations de procédés et organisationnelles. Les coefficients estimés de l'intensité en R&D ne sont pas significatifs quelle que soit la mesure d'innovation mobilisée. Pour les innovations organisationnelles, ce n'est pas surprenant : les efforts d'innovation dans ce domaine ne sont que peu comptabilisées dans les dépenses de R&D. Le résultat est plus surprenant concernant les innovations de procédés. Nos mesures des innovations de procédés sont peut-être trop bruitées. Nous continuerons donc à analyser les effets du CIR sur la productivité à travers la probabilité d'innovations de produits et services nouveaux pour le marché.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> L'estimation des influences des innovations de procédés ou organisationnelles sur la productivité des entreprises ne sont pas présentées puisque, d'après les résultats du tableau 5, le CIR n'aurait pas d'effet sur ces innovations. Ces résultats sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

**Tableau 3 : Effets de la R&D sur les innovations de produits et services**

Variables dépendantes : différentes mesures de l'innovation de produits et services

Innovations nouvelles pour Mesure	(1)	(2)	(3)	(4)
	Occurrence ( <i>Inno</i> )	le marché Part dans le CA ( $\text{Log}(s/(1-s))$ )	Occurrence ( <i>Inno</i> )	l'entreprise seulement Part dans le CA ( $\text{Log}(s/(1-s))$ )
Estimateur	Probit	Tobit	Probit	Tobit
Innovation, occurrence ( <i>Inno</i> <sub><i>t</i>-1</sub> )	0.624*** [0.0491]	0.691*** [0.147]	0.365*** [0.0462]	0.708*** [0.156]
Innovation, part dans le CA ( $\text{Log}(s/(1-s))$ ) <sub><i>t</i>-1</sub> )		0.257*** [0.0441]		0.0929** [0.0471]
Productivité ( $\text{Log}(LP)$ ) <sub><i>t</i>-1</sub> )	0.00826 [0.0207]	0.0377 [0.0480]	-0.0283 [0.0206]	0.00679 [0.0486]
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )	0.210*** [0.0409]	0.384*** [0.0868]	0.0755* [0.0391]	0.274*** [0.0925]
R&D > 0 ( <i>d</i> <sup>RD</sup> )	0.449*** [0.0640]	0.816*** [0.145]	0.265*** [0.0627]	0.488*** [0.152]
Effectif ( $\text{Log}(L)$ ) <sub><i>t</i>-1</sub> )	0.0908*** [0.0169]	0.0175 [0.0359]	0.0824*** [0.0161]	0.0746** [0.0381]
Observations	3,324	3,324	3,324	3,324
Log Vraisemblance	-1,946	-5,122	-2,155	-5,201

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus  
L'intensité de R&D est prédite à partir des résultats d'estimations présentés au tableau 2, colonne (1)  
CA : Chiffre d'Affaire



**Tableau 4 : Effets des innovations de produits et services sur la productivité**

Variable dépendante : la productivité ( $\text{Log}(LP)$ )

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )		0.326*** [0.0174]	0.327*** [0.0174]	0.339*** [0.0172]	0.338*** [0.0172]	0.327*** [0.0176]
Innovations nouvelles pour : entreprise. marché	Probabilité latente ( $\widehat{\text{Inno}}_{t-1}$ )	0.463*** [0.112]	0.350** [0.140]			0.425*** [0.142]
	Part dans le CA prédite ( $\text{Log}(s/\widehat{(1-s)})_{t-1}$ )		-0.0199 [0.0148]			
	Probabilité latente ( $\widehat{\text{Inno}}_{t-1}$ )			0.587*** [0.205]	0.826*** [0.246]	0.111 [0.259]
	Part dans le CA prédite ( $\text{Log}(s/\widehat{(1-s)})_{t-1}$ )				0.0262* [0.0148]	
	Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	0.0263* [0.0142]	0.0240* [0.0143]	0.0244 [0.0153]	0.0268* [0.0153]	0.0239 [0.0153]
	Observations	3,324	3,324	3,324	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.250	0.251	0.249	0.249	0.251	
Log Vraisemblance	-5,111	-5,110	-5,116	-5,114	-5,111	

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus – Estimateur : MCO  
Les valeurs prédites mobilisent les résultats d'estimations présentés au tableau 3

**Tableau 5 : Effets de la R&D sur les innovations de procédés et organisationnelles**

Variables dépendantes : différentes mesures de l'innovation de procédés et organisationnelles

Innovation de :	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Fabrication	Procédés Logistique	Support	Procédures	Organisationnelles Responsabilités	Relations ext.
Innovation ( $Inno_{t-1}$ )	0.498*** [0.0471]	0.395*** [0.0485]	0.255*** [0.0472]	0.236*** [0.0450]	0.237*** [0.0445]	0.293*** [0.0512]
Productivité ( $Log(LP)_{t-1}$ )	-0.0238 [0.0202]	0.0236 [0.0205]	0.0300 [0.0200]	-0.000728 [0.0204]	0.00520 [0.0202]	0.0312 [0.0205]
Intensité de R&D prédite ( $Log(\overline{RD}/L)$ )	-0.0332 [0.0393]	-0.0339 [0.0408]	0.00335 [0.0394]	0.0363 [0.0389]	0.0464 [0.0385]	0.0618 [0.0408]
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )	0.118* [0.0631]	0.0299 [0.0644]	-0.112* [0.0629]	-0.00486 [0.0624]	0.0193 [0.0618]	0.0288 [0.0664]
Effectif ( $Log(L)_{t-1}$ )	0.0871*** [0.0162]	0.124*** [0.0172]	0.108*** [0.0164]	0.137*** [0.0161]	0.0726*** [0.0159]	0.129*** [0.0171]
Observations	3,324	3,324	3,324	3,324	3,324	3,324
Log Vraisemblance	-2,118	-1,938	-2,088	-2,211	-2,246	-1,897

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus – Estimateur : probit

L'intensité de R&D est prédite à partir des résultats d'estimations présentés au tableau 2, colonne (1)

## V. Comparaison des effets du CIR selon la taille des entreprises

Les entreprises de notre échantillon d'estimation principal sont relativement grandes, avec une taille médiane de 351 employés. Contrairement aux entreprises moins grandes, celles de 250 employés et plus sont systématiquement enquêtées, ce qui explique leur surreprésentation dans notre échantillon principal. Afin de prendre en compte les entreprises de plus petites tailles, nous abandonnons dans cette section l'approche dynamique. La sensibilité des résultats d'estimation à ces changements de spécification et d'échantillon est présentée en Annexe. Le changement de spécification ne modifie pas sensiblement la valeur des coefficients estimés, mais réduit fortement le pouvoir explicatif du modèle. En revanche, étendre l'échantillon d'estimation augmente l'impact du coût du capital R&D sur l'intensité en R&D et réduit l'impact des innovations sur la productivité, ce qui s'explique par un effet de composition de l'échantillon, de façon cohérente avec les résultats qui suivent.

Le nouvel échantillon mobilisé est beaucoup plus grand avec 24 662 observations, la taille médiane des entreprises étant alors de 56 employés. Nous estimons notre modèle structurel sur 3 sous-échantillons : les entreprises de moins de 50 employés, celles ayant entre 50 et 1499 employés et celles d'au moins 1500 employés, lesquelles représentent respectivement 47%, 49% et 4% du nouvel échantillon. Séparer les grandes entreprises des autres s'impose car nous supposons des comportements très différents, même si elles ne représentent qu'une petite partie de notre échantillon, soit 926 observations.

Le tableau 6 présente les fréquences d'innovation de produits et services selon la taille des entreprises, pour l'ensemble du nouvel échantillon (colonnes 1) et pour uniquement les entreprises investissant en R&D (colonnes 2). Ce tableau indique aussi le pourcentage d'entreprises investissant en R&D ainsi que le montant médian de cet investissement. Quelle que soit l'année, la probabilité d'innover augmente fortement avec la taille de l'entreprise, donc la probabilité moyenne d'innover dans cet échantillon est plus faible que dans l'échantillon du modèle dynamique dont les entreprises sont plus grandes. Comme dans le tableau 1 et quel que soit la taille de l'entreprise, la probabilité d'innover augmente fortement entre 2004 et 2008, puis reste stable en 2012. Cette augmentation se vérifie, bien que moins forte, sur l'échantillon d'entreprises investissant en R&D. Le pourcentage d'entreprises investissant en R&D augmente fortement entre 2004 et 2008 et cette augmentation se prolonge en 2012. Les montants des investissements en R&D augmentent entre 2004 et 2012 quelle que soit la taille des entreprises, malgré une forte baisse en 2008 pour les petites entreprises. Cette évolution du montant de R&D ne s'observe pas quand on observe uniquement l'échantillon dans son ensemble car la part des petites entreprises dans l'échantillon s'est accrue au cours du temps. Tout ceci suggère que la réforme du CIR de 2008 a eu un impact sur l'innovation des entreprises quelles que soient leurs tailles, une partie de cet effet passant par une extension de la proportion d'entreprises investissant en R&D, la marge extensive, et l'autre par le montant de l'investissement en R&D, la marge intensive.

**Tableau 6 : Fréquence d'innovation de produits et services et investissements en R&D par taille d'entreprise**

Echantillon : échantillon principal + les entreprises enquêtées une seule fois

Taille	Innovations nouvelles pour :	(1)				(2)			
		Ensemble de l'échantillon				Entreprises R&D			
		2004	2008	2012	Ens.	2004	2008	2012	Ens.
Moins de 50 employés	Le marché	24%	38%	43%	35%	49%	51%	59%	54%
	L'entreprise seule	26%	47%	46%	40%	48%	55%	54%	53%
	Observations	3,967	3,474	4,223	11,664	1,411	1,844	2,545	5,800
	% d'entrep. R&D	-				36%	53%	60%	50%
	R&D médian (k€)	-				80	61	100	81
De 50 à 1,499 employés	Le marché	37%	50%	52%	44%	57%	60%	61%	59%
	L'entreprise seule	38%	55%	55%	47%	55%	60%	60%	58%
	Observations	5,600	3,432	3,040	12,072	2,817	2,231	2,215	7,263
	% d'entrep. R&D	-				50%	65%	73%	60%
	R&D médian (k€)	-				350	506	493	450
1,500 employés et plus	Le marché	56%	69%	71%	64%	73%	76%	79%	76%
	L'entreprise seule	52%	62%	71%	60%	61%	64%	72%	65%
	Observations	369	352	205	926	228	241	152	621
	% d'entrep. R&D	-				62%	68%	74%	67%
	R&D médian (k€)	-				3,910	4,936	11,751	6,000
Ensemble	Le marché	32%	45%	48%	41%	55%	57%	61%	58%
	L'entreprise seule	34%	52%	50%	44%	53%	58%	57%	56%
	Observations	9,936	7,258	7,288	24,482	4,456	4,316	4,912	13,684
	% d'entrep. R&D	-				45%	59%	67%	56%
	R&D médian (k€)	-				218	215	204	210

Les résultats d'estimation présentés dans le tableau 7 correspondent à l'analyse des effets du CIR via la marge intensive. D'après ces résultats, l'élasticité de l'intensité de R&D au coût d'usage du capital R&D est d'autant plus forte que l'entreprise est petite, ce qui peut s'expliquer par les difficultés de financement de ces dernières. De plus la sensibilité de l'innovation à l'intensité de R&D est aussi plus forte pour les petites entreprises. Cependant, l'impact de l'innovation sur la productivité est au contraire d'autant plus important que l'entreprise est grande. Ce dernier point peut s'expliquer par la plus grande capacité d'accès aux marchés étrangers et donc à valoriser les innovations sur ces marchés. En conclusion, une baisse du coût d'usage de la R&D de 10% induirait :

- pour les entreprises de moins de 50 employés, une hausse de 22.9% de l'intensité de R&D, de 2.9% de la probabilité d'innover et de 0.4% de la productivité
- pour les entreprises de 50 à 1499 employés, une hausse de 16.8% de l'intensité de R&D, de 1.2% de la probabilité d'innover et de 0.7% de la productivité
- pour les entreprises de 1500 employés et plus, une hausse de 14.6% de l'intensité de R&D, de 1.3% de la probabilité d'innover et de 2.9% de la productivité

Nous pouvons donc constater que les petites entreprises peuvent bénéficier plus du CIR en terme d'effets sur leurs investissements en R&D, mais les grandes entreprises en bénéficient plus en terme d'impact sur leur productivité. Pour que le CIR profite réellement aux entreprises, il faut bien sûr qu'elles déclarent leurs projets de recherche pour bénéficier du crédit d'impôts. Dans ce nouvel échantillon, la baisse du coût du capital R&D grâce au CIR était en moyenne de seulement 2% en 2004, 13% en 2008 et 17% en 2012. Ces faibles taux s'expliquent par la proportion importante d'entreprises déclarant réaliser des investissements en R&D mais ne demandant pas ou peu à bénéficier du CIR. Il semble aussi qu'il ait fallu aux entreprises un temps d'adaptation à la réforme du CIR de 2008 puisque ce taux augmente encore entre 2008 et 2012. Ce taux était d'environ 2% en 2004 quelle que soit la taille de l'entreprise, il passe à 14% en 2012 pour les petites entreprises et les moyennes, mais à 24% pour les grandes (les entreprises de plus de 1500 employés). Cela semble indiquer que les grandes entreprises bénéficient plus de la réforme du CIR de 2008 car deux mécanisme se renforcent : une baisse du coût d'usage du capital R&D a un impact plus important sur leur productivité et en même temps la baisse du coût d'usage du capital R&D induite par le CIR semble plus importante. Toutefois, il faut prendre ce résultat avec précaution : seul l'effet du CIR via la marge intensive est pris en compte, or il est possible que l'effet du CIR via la marge extensive soit plus fort pour les petites entreprises si leurs difficultés de financement de la R&D sont plus fortes.

**Tableau 7 : Impact du CIR selon la taille de l'entreprise**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Echantillon	Entreprises de moins de 50 employés			Entreprises de 50 à 1,499 employés			Entreprises de plus de 1,500 employés		
Variable dépendante	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $Inno$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $Inno$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $Inno$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO	MCO	Probit	MCO	MCO	Probit	MCO
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-2.294*** [0.134]			-1.679*** [0.139]			-1.456*** [0.539]		
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )		0.412*** [0.0317]			0.185*** [0.0380]			0.282*** [0.101]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.430*** [0.0495]			0.770*** [0.0353]			0.766*** [0.109]	
Innovation latente ( $\widehat{Inno}$ )			0.138*** [0.0491]			0.577*** [0.0658]			2.227*** [0.480]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.613*** [0.0446]	0.167*** [0.0265]	-0.126*** [0.0156]	-0.119*** [0.0242]	0.192*** [0.0135]	0.0405*** [0.0115]	-0.337*** [0.127]	0.120* [0.0663]	-0.0331 [0.0760]
Observations	5,800	11,664	11,664	7,263	12,072	12,072	621	926	926
R <sup>2</sup>	0.137		0.080	0.077		0.146	0.230		0.269
Log Vraisemblance	-11,469	-6,396	-15,401	-14,889	-7,212	-17,787	-1,341	-516.4	-1,727

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

## VI. Conclusion

L'utilisation des données des vagues d'enquêtes CIS 2002-2004, 2006-2008 et 2010-2012 nous permet d'étudier les effets du CIR sur l'innovation et la productivité. D'après nos résultats d'estimation, le coût d'usage du capital a un effet négatif sur l'intensité de R&D des entreprises, donc le CIR a un effet positif sur cette intensité, ce qui influence ensuite positivement la probabilité d'innovation, mesurée par l'introduction de produits ou services nouveaux sur le marché, et ainsi la productivité des entreprises. Dans notre échantillon d'estimation principal, la réforme du CIR de 2008 conduit à une baisse du coût d'usage du capital R&D d'environ 15%. D'après nos résultats d'estimation principaux, une telle baisse entraînerait à long-terme une hausse de l'intensité de R&D de 28.2%, une probabilité d'innover plus forte de 2.5% et un gain de productivité de 1.7%.

Ces effets du CIR peuvent dépendre de la taille des entreprises. Il semble que l'intensité de R&D et la probabilité d'innover sont plus sensibles au coût d'usage du capital R&D, et donc au CIR, pour les petites entreprises, mais l'innovation est d'autant plus importante pour la productivité que l'entreprise est grande. Ce dernier point peut s'expliquer par la capacité des grandes entreprises à valoriser leurs innovations sur des marchés importants, notamment à l'étranger. D'après nos résultats d'estimation, les effets du CIR sur la productivité des entreprises seraient équivalents pour les petites et moyennes entreprises, mais plus importants pour les entreprises de 1500 employés et plus. Toutefois, ces résultats ne tiennent compte que des effets du CIR via la marge intensive, c'est-à-dire des effets du CIR sur l'accroissement de l'intensité de R&D pour les entreprises investissant en R&D. Ils négligent ainsi une partie de l'impact du CIR et celui-ci peut aussi différer selon la taille des entreprises.

Un prolongement de ce rapport serait d'étudier l'effet du CIR via la marge extensive. Malheureusement, les données CIS ne nous suffisent pas pour analyser cet effet en suivant notre approche, puisque nous identifions l'élasticité de l'intensité en R&D au coût d'usage de la R&D grâce aux différences de définitions de l'investissement en R&D entre le CIR et le manuel Frascati et cette différence ne peut être observée pour les entreprises qui n'investissent pas en R&D. Une analyse de cette question nécessiterait l'apport d'autres sources de données afin de modifier la stratégie d'identification de cette élasticité. Cela permettrait en outre que notre mesure du coût d'usage du capital R&D ne dépende plus du comportement de demande de CIR des entreprises, ce qui peut être source d'endogénéité dans nos estimations.

## Références

- Bozio, A., D. Irac et L. Py, 2014, "Impact of Research Tax Credit on R&D and Innovation : Evidence from the 2008 French Reform", Document de travail de la Banque de France, 532.
- Bozio, A., S. Cottet et L. Py, en cours, « Impact des politiques publiques visant à favoriser la R&D et l'innovation dans les PME »
- Crépon, B., E. Duguet et J. Mairesse, 1998, "Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level", *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2): 115-158.
- Harrison, R., J. Jaumandreu, J. Mairesse et B. Peters, 2014, "Does innovation stimulate employment? A firm-level analysis using comparable micro-data from four European countries", *International Journal of Industrial Organization*, 35, 29-43.
- Hall, B., F. Lotti et J. Mairesse, 2008, "Employment, Innovation and Productivity: Evidence from Italian Microdata", *Industrial and Corporate Change*, 17(4), 813-839.
- Mairesse, J., et B. Mulkay, 2013, "The R&D Tax Credit in France: Assessment and Ex-ante Evaluation of the 2008 Reform", *Oxford Economic Papers*, 65 (3): 746-766.
- Mairesse, J., et S. Robin, 2013, "The Importance of Research for Innovation and Productivity: Comparing Different Estimators of the Innovation Production Function", in Innovation and Growth: From R&D Strategies of Innovating Firms to Economy-Wide Technological change, M. Andersson B. Johansson, C. Karlsson and H. Lööf eds, Oxford University Press, chapter 6: 128-159.<sup>13</sup>
- Mairesse, J., et S. Robin, 2017, "Assessing Measurement Errors in the CDM Research--Innovation--Productivity Relationships", *Economics of Innovation and New Technology*, special issue on "CDM Twenty Years After", 26(1-2): 93-107.
- Raymond W., J. Mairesse, P. Mohnen et F. Palm, 2015, "Dynamic Models of R & D, Innovation and Productivity: Panel Data Evidence for Dutch and French Manufacturing", *European Economic Review*, 78, 285-306.
- Wooldridge, J., 2005, "Simple Solutions to the Initial Conditions Problem in Dynamic, Nonlinear Panel Data Models with Unobserved Heterogeneity", *Journal of Applied Econometrics*, 20, 39-54.

---

<sup>13</sup> Publié aussi en français, 2013, "Productivité et innovations de procédé et de produit dans les entreprises industrielles et de services », *Economie et Prévision*, (197-198): 21-44.



## Glossaire

Ce glossaire présente l'ensemble des variables mobilisées dans nos estimations ainsi que des précisions sur les définitions des différentes mesures d'innovation. Sauf cas mentionnés, les variables présentées mobilisent les données des enquêtes CIS. Les deux autres sources de données étant l'Enquête annuelle sur les dépenses de R&D des entreprises (ERD) et la base de GEStion du CréDit d'Impôt Recherche (GECIR).

**Chercheur** (données ERD) : Ensemble des chercheurs et ingénieurs R&D employés dans la branche R&D de l'entreprise

**Coût d'usage du capital R&D** ( $C$ ) : Ce coût d'usage dépend du taux d'escompte, du taux de dépréciation du capital, de l'inflation et d'un facteur de réduction du coût d'usage grâce au CIR

**Effectif** ( $L$ ) : le nombre d'employés de l'entreprise

**Facteur de réduction du coût d'usage du capital R&D** ( $\gamma$ ) : ratio entre le crédit d'impôt dont bénéficie l'entreprise grâce au CIR, mesuré à partir de la base GECIR, et le montant des dépenses de R&D

**Intensité de R&D** ( $RD/L$ ) : le ratio de l'investissement en Recherche & Développement ( $RD$ ) sur le nombre d'employés de l'entreprise ( $L$ )

**Personnel R&D** (données ERD) : Effectifs employés dans la branche d'activité R&D de l'entreprise

**Productivité** ( $LP$ ) : la productivité du travail, mesurée par le ratio du chiffre d'affaire de l'entreprise sur son nombre d'employés ( $L$ )

**R&D continue** ( $RD^{cont}$ ) : égale à 1 si l'entreprise investit en R&D toutes les années où elle est observée et 0 sinon

### Mesures de l'innovation :

Sauf mentions spéciales, il s'agit de variables égales à 1 si une telle innovation c'est produite au cours des 3 dernières années et 0 sinon.

- Innovation de produits et services nouveaux (ou améliorés) pour le marché (cf. question 2.3 du questionnaire CIS 2012). C'est la mesure principale de l'innovation retenue dans ce rapport.
- Innovation de produits et services nouveaux (ou améliorés) uniquement pour l'entreprise (cf. question 2.3 du questionnaire CIS 2012)
- Innovation de produits : Introduction de produits nouveaux ou améliorés (cf. question 2.1)
- Innovation de services : Introduction de services nouveaux ou améliorés (cf. question 2.1)
- Innovation de produits et services nouveaux pour le marché, part dans le chiffre d'affaire : Part dans le chiffre d'affaire de l'année courante des produits et services nouveaux (ou améliorés) pour le marché et introduits durant les trois dernières années. La variable est introduite dans les spécifications estimées sous la forme d'une transformation logit ( $Log(s/(1 - s))$ )

- Innovation de produits et services nouveaux uniquement pour l'entreprise, part dans le chiffre d'affaire : Part dans le chiffre d'affaire de l'année courante des produits et services nouveaux (ou améliorés) uniquement pour l'entreprise introduits durant les trois dernières années. La variable est introduite dans les spécifications estimées sous la forme d'une transformation logit ( $\text{Log}(s/(1 - s))$ )
- Innovation de procédés, fabrication : Introduction de nouveautés ou améliorations dans les procédés de fabrication ou de production de biens ou de prestations de services (cf. question 3.1)
- Innovation de procédés, logistique : Introduction de nouveautés ou améliorations des méthodes de logistique, de fourniture ou de distribution de matières premières, biens ou prestations de services (cf. question 3.1)
- Innovation de procédés, support : Introduction de nouveautés ou améliorations dans les activités de soutien ou de support, comme les activités de maintenance, d'achat, de compatibilité ou informatique (cf. question 3.1)
- Innovation organisationnelles, procédures : Introduction de nouveaux modes de fonctionnement dans l'organisation des procédures (cf. question 8.1)
- Innovation organisationnelles, responsabilités : Introduction de nouvelles méthodes d'organisation du travail et de prise de décision (cf. question 8.1)
- Innovation organisationnelles, relations extérieures : Introduction de nouvelles méthodes d'organisation des relations externes avec d'autres entreprises ou organismes (cf. question 8.1)
- Innovations marketing, packaging : Modifications significatives du design ou de l'emballage d'un bien ou service (cf. question 9.1)
- Innovations marketing, promotion : Utilisation de nouvelles techniques ou de nouveaux médias pour la promotion des biens ou des services (cf. question 9.1)
- Innovations marketing, distribution : Introduction de nouvelles méthodes de vente ou de distribution (cf. question 9.1)
- Innovations marketing, tarification : Introduction de nouvelles méthodes de tarification des produits (cf. question 9.1)

## VII. Annexe

L'Annexe A mobilise de nouvelles mesures de l'innovation : le nombre de chercheurs, la distinction entre innovations de produits et de services et les innovations marketing. Ces estimations sont traitées en annexes car elles souffrent d'échantillons fortement réduits. L'Annexe B étudie ensuite la sensibilité des résultats de notre modèle principal à la prise en compte de : (i) l'hétérogénéité individuelle, ce qui permet une comparaison avec les résultats d'estimation de Raymond *et al.* (2015) ; (ii) la dynamique ; (iii) l'endogénéité de l'intensité de R&D et de l'innovation ; (iv) l'effet des innovations passées sur l'intensité de R&D. L'Annexe C présente l'estimation des effets du coût d'usage du capital R&D, et donc du CIR, sur l'innovation et sur la productivité à partir de modèles sous formes réduites afin de vérifier si des canaux importants ne sont pas omis. Enfin, les annexes D et E montrent les limites de notre analyse lorsque nous souhaitons tenir compte de la marge extensive ou des effets du CIR sur l'emploi des entreprises.

### A. Autres mesures de l'innovation

#### Impact sur le nombre de chercheurs

Le nombre de chercheurs n'est pas disponible dans les enquêtes CIS. Pour cette variable, nous mobilisons les données de l'enquête annuelle sur les dépenses de R&D des entreprises (ERD) ce qui réduit fortement l'échantillon d'estimation. Le tableau 8 présente d'abord la sensibilité des estimations à ce changement d'échantillon, colonnes (1) à (3). Le changement le plus sensible par rapport aux estimations principales (tableau 2) concerne l'impact de l'innovation sur la productivité qui devient non significatif. Ensuite, les colonnes (4) et (6) présentent les effets de l'intensité de R&D sur le personnel R&D ou le nombre de chercheurs, et les colonnes (5) et (7) les effets de ces variables sur la productivité des entreprises. Il n'apparaît pas d'impact significatif de l'intensité de R&D sur le personnel R&D et le nombre de chercheurs ni d'impact de ces dernières sur la productivité. Bien sûr, ces coefficients non significatifs peuvent s'expliquer par la faible taille de l'échantillon d'estimation.

#### Distinction entre innovations de produits et de services

Le questionnaire CIS permet la distinction entre les innovations de produits ou de services. Malheureusement, nous ne pouvons plus alors différencier entre les innovations nouvelles pour le marché ou uniquement l'entreprise. De plus, l'information sur les innovations de services n'est pas disponible en 2004, donc l'échantillon d'estimation est réduit pour cette innovation.<sup>14</sup> D'après les résultats d'estimation présentés dans le tableau 9, l'intensité de R&D influence positivement la probabilité d'une innovation de produits (colonne 1) mais pas d'une innovation de services (colonne 5). Ce dernier résultat peut s'expliquer par le faible échantillon disponible. D'ailleurs, lorsque l'estimation concernant les innovations de produits est réalisée sur le même sous-échantillon, l'effet de l'intensité de R&D est toujours significatif mais la probabilité d'innovation de produits n'a plus d'effet significatif sur la productivité (colonne 4).

---

<sup>14</sup> Pourtant, le questionnaire CIS de 2002-2004 inclut bien la question relative aux innovations de services, mais les services producteurs contactés semblent avoir perdu cette information.

## Innovations marketing

Les estimations concernant les innovations marketing sont réalisées uniquement sur la période 2008-2012 étant donné la disponibilité de ces variables.<sup>15</sup> Le tableau 10 présente les effets estimés de l'intensité de R&D sur les probabilités d'occurrence des différentes innovations marketing, tandis que le tableau 13 présente les effets estimés des probabilités d'innovations marketing sur la productivité des entreprises. D'après ces résultats d'estimation, l'intensité de R&D n'influence significativement et positivement que les innovations concernant les promotions et la distribution des produits ou services, et non le packaging et la tarification. Comme pour les changements organisationnels, l'absence d'effet des investissements en R&D peut s'expliquer par le fait que les efforts en vers ce type d'innovation ne sont que peu comptabilisés dans les dépenses de R&D. Étudiées séparément, les innovations de packaging, promotion et distribution semblent toutes trois avoir un effet significatif sur la productivité (tableau 11, colonnes 1 à 4), contrairement aux innovations de tarification, mais introduites simultanément seules les innovations concernant la distribution des biens et services ont un effet significatif sur la productivité (tableau 11, colonnes 5 et 6). Cela renvoi à la difficulté d'identifier séparément les effets de différentes innovations qui ont parfois lieu simultanément.

D'après ces résultats d'estimation, le CIR pourrait avoir un effet sur la productivité des entreprises via les innovations marketing concernant la distribution des biens et services. Une baisse de 10% du coût d'usage du capital R&D induirait à long-terme une hausse de 0.8% de la probabilité d'innovation dans la distribution et de 3.1% de la productivité. Ces résultats, obtenus sur un échantillon de données très restreint, sont à prendre avec précaution.

---

<sup>15</sup> Il existe des questions sur les innovations marketing dans l'enquête CIS 2002-2004, mais elles diffèrent sensiblement de celles posées dans les enquêtes ultérieures.

**Tableau 8 : Impact du CIR sur et via le nombre de chercheurs**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Mesure de l'innovation		Produits ou services nouveaux pour le marché		Personnel R&D		Chercheurs	
Variable dépendante	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO	Probit	MCO	Probit	MCO
Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ ) Innovation ( $\text{Inno}_{t-1}$ )	0.382*** [0.0260]						
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ ) Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )	0.170*** [0.0581]	0.612*** [0.0838]	0.654*** [0.0190]	1.027*** [0.0122]	0.656*** [0.0193]	1.071*** [0.0160]	0.656*** [0.0193]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ ) Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ ) R&D > 0 ( $d^{RD}$ ) Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )	-0.929*** [0.275]	0.211*** [0.0665]		-8.921* [5.168]		-5.172 [4.288]	
		0.891*** [0.136]		-5.2777 [11.83]		-17.71* [9.685]	
			0.0499 [0.0718]		-3.09e-05 [5.77e-05]		-5.38e-05 [8.81e-05]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.107*** [0.0337]	0.166*** [0.0346]	0.0512*** [0.0119]	1.112 [2.865]	0.0556*** [0.0131]	3.364 [2.324]	0.0558*** [0.0129]
Observations	1,205	1,337	1,337	1,337	1,337	1,337	1,337
R <sup>2</sup>	0.255		0.538	0.895	0.536	0.839	0.536
Log Vraisemblance	-2,066	-692.7	-970.0	-6,981	-943.7	-6,765	-943.6

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

**Tableau 9 : Séparation innovation de produit ou de service**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Période d'estimation	2004-2012		2008-2012		2008-2012	
Type d'innovation	Produits		Produits		Services	
Variable dépendante	Innovation ( $\text{Log}(Inno)$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Innovation ( $\text{Log}(Inno)$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Innovation ( $\text{Log}(Inno)$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	Probit	MCO	Probit	MCO	Probit	MCO
Innovation ( $Inno_{t-1}$ )	0.587*** [0.0554]		0.715*** [0.0831]		0.640*** [0.0800]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.0213 [0.0208]	0.328*** [0.0176]	-0.0002 [0.0273]	0.323*** [0.0135]	-0.0269 [0.0588]	0.820*** [0.0158]
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )	0.232*** [0.0436]		0.328*** [0.0679]		0.126 [0.0791]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )	0.435*** [0.0661]		0.446*** [0.106]		0.0121 [0.136]	
Innovation latente ( $\widehat{Inno}_{t-1}$ )		0.375*** [0.132]		0.0610 [0.0990]		0.0584 [0.110]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	0.0546*** [0.0175]	0.0370*** [0.0138]	0.0502** [0.0240]	0.323*** [0.0135]	0.138*** [0.0291]	0.0162* [0.00918]
Observations	3,324	3,324	1,560	1,560	1,560	1,560
R <sup>2</sup>		0.248		0.350		0.730
Log Vraisemblance	-1,680	-5,116	-765	-1,626	-714	-758

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus  
L'intensité de R&D est prédite à partir des résultats d'estimations présentés au tableau 2, colonne (1)

**Tableau 10 : Effets de la R&D sur les innovations marketing**

Variable dépendante : Innovation de	(1) Packaging	(2) Promotion	(3) Distribution	(4) Tarification
Innovation ( $Inno_{t-1}$ )	0.812*** [0.0744]	0.694*** [0.0750]	0.290*** [0.103]	0.601*** [0.0854]
Productivité ( $Log(LP)_{t-1}$ )	-0.00623 [0.0277]	0.0158 [0.0268]	-0.0217 [0.0281]	0.00631 [0.0270]
Intensité de R&D prédite ( $Log(\widehat{RD}/L)$ )	0.0630 [0.0643]	0.132** [0.0639]	0.180** [0.0728]	0.0725 [0.0677]
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )	0.282*** [0.108]	0.0543 [0.106]	-0.0551 [0.122]	0.0669 [0.112]
Effectif ( $Log(L)_{t-1}$ )	0.0800*** [0.0233]	0.118*** [0.0229]	0.101*** [0.0267]	0.0735*** [0.0245]
Observations	1,560	1,557	1,452	1,557
Log Vraisemblance	-867.7	-892.2	-616.2	-739.0

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

Estimateur : probit

L'intensité de R&D est prédite à partir des résultats d'estimations présentés au tableau 2, colonne (1)

**Tableau 11 : Effets des innovations marketing sur la productivité**

Variable dépendante : la productivité ( $\text{Log}(LP)$ )

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.323*** [0.0133]	0.322*** [0.0133]	0.293*** [0.0132]	0.325*** [0.0133]	0.294*** [0.0133]	0.294*** [0.0133]
Innovation latente ( $\widehat{Inno}$ ) :						
Packaging	0.318** [0.124]				0.125 [0.143]	
Promotion		0.430*** [0.149]			-0.0511 [0.183]	-0.0621 [0.168]
Distribution			2.765*** [0.421]		3.009*** [0.495]	2.845*** [0.474]
Tarification				0.254 [0.217]	-0.398 [0.253]	
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	0.107*** [0.0118]	0.0985*** [0.0127]	0.0617*** [0.0146]	0.111*** [0.0122]	0.0632*** [0.0148]	0.0625*** [0.0148]
Observations	1,560	1,560	1,455	1,560	1,455	1,455
R <sup>2</sup>	0.353	0.354	0.344	0.351	0.345	0.344
Log Vraisemblance	-1,623	-1,622	-1,443	-1,625	-1,442	-1,443

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus – Estimateur : MCO

Les valeurs prédites mobilisent les résultats d'estimations présentés au tableau 11



## B. Analyse de sensibilité

### Prise en compte de l'hétérogénéité individuelle

L'hétérogénéité individuelle inobservée peut induire le biais de nos estimations si celle-ci est corrélée avec nos explicatives. Afin de prendre en compte cette hétérogénéité nous ne pouvons inclure des effets fixes individuels étant donné la très faible dimension temporelle de nos données. Nous choisissons plutôt d'inclure les valeurs initiales des variables dépendantes parmi les explicatives, comme proposé par Wooldridge (2005) pour les modèles dynamiques non-linéaires et repris dans Raymond *et al.* (2015). Comme dans ce dernier, notre panel non cylindré inclut des entreprises présentes uniquement deux périodes, nous différencions les conditions initiales pour celles-ci, qui sont alors égales à la valeur retardée. Les résultats d'estimation ainsi obtenus et présentés dans le tableau 14, colonnes 1 à 3, sont très proches de ceux de nos estimations principales, à l'exception de l'influence de la productivité retardée sur sa valeur courante qui devient négative. Ce résultat contre-intuitif associé au très fort impact des valeurs initiales de la productivité peut laisser craindre que ces estimations n'arrivent pas à identifier séparément les effets de la dynamique de la productivité de celle de l'hétérogénéité individuelle inobservée. Nous avons donc préféré ne pas inclure les valeurs initiales des variables dépendantes dans nos spécifications privilégiées.

Afin de faciliter une comparaison de nos résultats d'estimation avec ceux de Raymond *et al.* (2015), les colonnes (4) et (5) du tableau 12 présentent les résultats d'estimation obtenus en utilisant dans l'équation d'innovation l'intensité de R&D passée observée plutôt que sa valeur courante prédite, comme dans ce dernier.<sup>16</sup> L'impact estimé de l'intensité de R&D sur la probabilité d'innover est alors divisé par 3, avec une valeur de 0.057, ce qui met en avant la sous-estimation de cet effet quand l'intensité de R&D n'est pas instrumentée (voir plus loin sur ce même sujet). Ce coefficient reste tout de même supérieur à celui estimé dans Raymond *et al.* (2015), ce dernier étant de 0.010 et non significatif (cf. tableau 4 de Raymond *et al.* 2015). Les autres coefficients estimés dans Raymond *et al.* (2015) sont quasi-systématiquement plus faibles : le coefficient de l'impact de l'innovation passée sur la probabilité d'innovation courante est de 0.07, contre 0.45 (tableau 12, colonne 3), celui de la variable R&D continue sur la productivité de 0.21 contre 0.57 (tableau 12, colonne 3), celui de l'innovation latente sur la productivité de 0.07 contre 0.50 (tableau 12, colonne 4). Ces différences peuvent s'expliquer par le traitement de l'endogénéité de l'intensité en R&D et/ou une plus forte importance de l'investissement en R&D pour innover et de l'innovation pour augmenter la productivité d'une entreprise sur notre période d'estimation, mais une analyse plus approfondie des différences avec Raymond *et al.* (2015) nécessiterait l'apport d'autres données.

---

<sup>16</sup> En plus de porter sur des périodes différentes, puisque Raymond *et al.* (2015) mobilise les enquêtes CIS 1994-1996, 1998-2000 et 2002-2004, des différences de spécification demeurent tout de même, en particulier l'équation de R&D inclut dans ce dernier une variable de part de marché et l'équation de productivité une variable d'intensité capitalistique, deux variables dont nous ne disposons pas. Une autre différence est la prise en compte de la corrélation des erreurs des différentes équations estimées dans Raymond *et al.* (2015). Lorsque nous tenons compte de ces corrélations, nos résultats d'estimations ne sont pas sensiblement modifiés.

## Analyse statique

Notre modèle principal tient compte de la dynamique des processus via l'introduction des variables dépendantes retardées dans les listes des explicatives. En effet, nous supposons que les succès passés ont un effet direct sur la probabilité de succès futur, que cela soit en termes d'innovation ou de productivité, tandis que les investissements en R&D doivent être cohérents dans le temps pour être efficaces. Par ailleurs, cette spécification nous permet d'étudier séparément les effets de court- et long-terme. Le tableau 13 présente les résultats d'estimation qui seraient obtenus si nous avions estimé un modèle statique sur notre échantillon principal, colonnes (1) à (3), ou sur un échantillon étendu grâce à ce relâchement de la spécification dynamique, colonnes (4) à (6).

Les élasticités de long-terme qui peuvent être calculées à partir des résultats présentés dans le tableau 2 sont proches de celles obtenues avec l'approche statique du tableau 15, soit -1.88 contre -1.72 pour le coût d'usage du capital R&D, 0.09 contre 0.10 pour l'intensité en R&D et 0.69 contre 0.60 pour la probabilité d'innover. Cette robustesse peut s'expliquer par l'instrumentation des variables d'intensité en R&D et d'innovation, ce qui préserve la convergence des estimateurs même en omettant des variables explicatives. En revanche, nous pouvons observer que le pouvoir explicatif du modèle diminue fortement quand la dynamique du modèle n'est pas prise en compte.

Lorsque nous profitons de l'approche statique pour étendre l'échantillon aux entreprises enquêtées une seule fois, nous observons que l'impact du coût d'usage du capital R&D sur l'intensité de R&D augmente tandis que l'effet de cette intensité sur la probabilité d'innover n'est presque pas modifié et l'impact de l'innovation sur la productivité baisse. Ces changements sont cohérents avec les coefficients observés lorsque l'échantillon étendu est décomposé entre trois sous-échantillons selon la taille des entreprises (cf. tableau 7). En effet, dans les petites entreprises l'effet du coût d'usage du capital R&D est plus grand et l'effet de l'innovation sur la productivité plus faible, or les petites entreprises sont beaucoup plus fréquentes dans l'échantillon étendu que dans l'échantillon principal. D'après les résultats d'estimation obtenus sur l'échantillon étendu, une baisse de 10% du coût d'usage du capital R&D induirait des hausses de 20.8% des dépenses de R&D, de 2.1% de la probabilité d'innover et de 1.0% de la productivité.

## Traitement de l'endogénéité

Nous supposons que l'intensité en R&D est endogène dans l'équation d'innovation et l'occurrence d'une innovation l'est aussi dans l'équation de productivité. La causalité inverse peut expliquer cette endogénéité, de même que le biais d'omission, mais d'après Mairesse et Robin (2013, 2017) c'est l'erreur de mesure qui joue un rôle majeur dans cette endogénéité. Nous utilisons comme explicatives les valeurs prédites plutôt que les valeurs observées de ces variables dans nos estimations principales.<sup>17</sup> Le tableau 14 présente les résultats d'estimation obtenus si les valeurs observées de ces

---

<sup>17</sup> Dans ce rapport, nous utilisons une approche séquentielle. Toutefois, l'utilisation de valeurs prédites dans un modèle non-linéaire, le modèle Probit, peut poser problème. Dans le cadre d'un modèle d'équations simultanées non-linéaires deux approches peuvent être mobilisée : les estimateurs FIML (Full Information Maximum Likelihood) ou ALS (Asymptotic Least Square). Ces approches seront envisagées ultérieurement. Une autre solution est bien sûr de traiter un modèle linéaire, en utilisant l'estimateur des moindres-carrés-ordinaires pour l'équation d'innovation, ce dernier étant alors convergent bien que moins efficace que l'estimateur Probit. Lorsque nous utilisons cette méthode les effets du CIR sur l'intensité en R&D, l'innovation et la productivité ne sont pas sensiblement modifiés.

variables étaient utilisées. L'effet de l'intensité de la R&D sur la probabilité d'innovation apparaît sous-estimée, étant deux fois inférieur au résultat présenté tableau 2, et celui de la probabilité d'innovation sur la productivité n'est plus significatif. Cela suggère que les estimations mobilisant les valeurs observées souffrent d'un biais de sous-estimation, ce qui est compatible avec l'hypothèse d'erreurs de mesures de ces variables.

#### Prise en compte des effets de l'innovation passée dans l'équation de R&D

Le modèle principal prend en compte la productivité passée pour expliquer l'intensité de R&D, la probabilité d'innovation et, bien sûr, la productivité. Dans le même esprit, nous pourrions aussi prendre en compte l'innovation passée pour expliquer l'intensité de R&D. En effet, les succès ou échecs passés des branches de recherche des entreprises, mesurés par la réalisation d'innovations, peuvent expliquer le montant d'investissement en R&D par la suite. Le tableau 14 prend en compte cette possibilité. Nous pouvons constater un impact positif significatif important de l'innovation passée sur l'intensité de R&D, mais les autres coefficients estimés sont très peu modifiés.

#### Utilisation du stock de capital R&D plutôt que l'investissement en R&D

L'enquête CIS nous informe sur le montant des investissements en R&D lors de l'année d'enquête. Cela ne permet pas un calcul satisfaisant du stock de capital R&D et notre spécification principale privilégie l'investissement en R&D comme approximation du stock de capital.<sup>18</sup> Nous présentons tout de même dans cette section une analyse de sensibilité en calculant un stock de capital, mais ces résultats doivent être interprétés avec précaution.

Nous calculons un stock de capital R&D par la méthode de l'inventaire permanent, en choisissant un taux de dépréciation annuel du capital R&D  $\delta$  de 15% :  $K_t = (1 - \delta) \times K_{t-1} + I_t$ , avec  $K$  le stock de capital R&D et  $I$  l'investissement en R&D. Nous privilégions l'investissement courant dans cette spécification plutôt que l'investissement passé ou une moyenne des deux afin de ne pas perdre une observation par entreprise, puisque le capital passé est dans la liste des explicatives, ce qui réduirait très fortement notre échantillon d'estimation. Pour initialiser la valeur  $K_0$  du stock de capital la première année de disponibilité de l'investissement  $I_0$ , nous utilisons la formule suivante :  $K_0 = I_0 / (\delta + g)$ , avec  $g$  le taux de croissance annuel moyen de l'investissement entre les deux premières valeurs d'investissement R&D disponibles.<sup>19</sup> Enfin, puisque nous ne disposons d'information sur l'investissement en R&D que tous les 4 ans, nous complétons les données par interpolation linéaire avant de calculer le stock de capital.

Le tableau 15 présente les résultats d'estimations obtenus lorsque le stock de capital R&D est mobilisé plutôt que l'investissement en R&D. L'intensité de capital R&D est bien sûr plus persistante que ne l'était l'intensité d'investissement en R&D. L'effet de court-terme estimé du coût d'usage du capital R&D sur l'intensité de celui-ci est beaucoup plus faible, passant de -1.3 à -0.6, ce qui n'est qu'en partie

<sup>18</sup> L'enquête R&D offre plus d'informations sur l'investissement en R&D des entreprises, mais le croisement des deux enquêtes réduit trop fortement l'échantillon disponible.

<sup>19</sup> Remarquons que si nous posons  $K_1 = (1 - \delta) \times K_0 + I_1$  et  $1 + g = I_1 / I_0$  alors  $K_1 = \frac{I_1}{\delta + g} \times \left(1 + \frac{g \times (\delta + g)}{1 + g}\right)$ , autrement-dit prendre en compte la capital plutôt que l'investissement lorsque nous ne disposons que de deux périodes ne modifierait pas les résultats d'estimations puisque la variable est introduite en logarithme dans les spécifications estimées et  $g$  est une constante.

compensé pour les élasticités de long-terme, passant de -1.9 à -1.1. Par ailleurs, l'effet estimé de l'intensité en capital R&D sur la probabilité d'innovation réduit fortement elle aussi, le coefficient estimé passant de 0.21 à 0.09, les autres estimations ne changeant pas de façon sensibles. Ces résultats sont à interpréter avec précautions et conduisent à considérer des effets assez faibles du CIR sur l'innovation et la productivité des entreprises. D'après ces résultats, une baisse de 10% du coût d'usage du capital R&D entrainerait une hausse de l'intensité en capital R&D de 5.7% à court terme et de 10.8% à long-terme, induisant ensuite : (i) une hausse de la probabilité d'innover de 0.17% à court terme et de 0.41% à long terme ; et (ii) une hausse de la productivité de 0.07% à court-terme et de 0.27% à long-terme.

**Tableau 12 : Prise en compte de l'hétérogénéité individuelle**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO	Probit	MCO
Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )	0.220*** [0.0387]				
Innovation ( $\text{Inno}_{t-1}$ )		0.458*** [0.0801]		0.454*** [0.0802]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.188*** [0.0394]	0.00944 [0.0207]	-0.114*** [0.0265]	0.014 [0.0206]	-0.117*** [0.0265]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-1.252*** [0.179]				
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )		0.180*** [0.0402]			
Intensité de R&D observée ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )				0.0565*** [0.0143]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.452*** [0.0639]		0.573*** [0.0550]	
Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )			0.484*** [0.1060]		0.504*** [0.106]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.159*** [0.0235]	0.081*** [0.0178]	-0.010 [0.0142]	0.0697*** [0.0173]	-0.0111 [0.0142]
Valeurs initiales des variables dépendantes :					
3 vagues disponibles	0.177*** [0.0370]	0.285*** [0.0862]	0.707*** [0.0333]	0.305*** [0.0860]	0.710*** [0.0333]
2 vagues disponibles	0.0414 [0.0431]	0.179** [0.0889]	0.693*** [0.0330]	0.174** [0.0889]	0.695*** [0.0330]
Observations	2,180	3,324	3,324	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.253		0.340		0.341
Log Vraisemblance	-3,905	-1,943	-4,899	-1,945	-4,898

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

**Tableau 13 : Approche statique**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Echantillon	Echantillon d'estimation principal			Echantillon d'estimation étendue		
Variable dépendante	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )	Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	Innovation ( $\text{Inno}$ )	Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO	MCO	Probit	MCO
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-1.717*** [0.192]			-2.081*** [0.0956]		
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )		0.294*** [0.0676]			0.302*** [0.0224]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.524*** [0.0808]			0.649*** [0.0279]	
Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )			0.597*** [0.152]			0.471*** [0.0411]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.182*** [0.0242]	0.118*** [0.0172]	0.0279* [0.0155]	-0.264*** [0.0106]	0.154*** [0.00657]	0.0223*** [0.00479]
Observations	2,180	3,324	3,324	13,684	24,662	24,662
R <sup>2</sup>	0.116		0.164	0.112		0.110
Log Vraisemblance	-4,089	-2,041	-5,293	-27,930	-14,222	-35,724

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

**Tableau 14 : Estimations séparées des relations**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1) Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	(2) Innovation ( $Inno$ )	(3) Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO
Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )	0.300*** [0.0180]		
Innovation ( $Inno_{t-1}$ )		0.624*** [0.0491]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.188*** [0.0397]	0.0143 [0.0204]	0.337*** [0.0173]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-1.294*** [0.180]		
Intensité de R&D observée ( $\text{Log}(RD/L)$ )		0.111*** [0.0161]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.543*** [0.0554]	
Innovation observée ( $Inno$ )			0.0197 [0.0409]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.144*** [0.0230]	0.0873*** [0.0166]	0.0440*** [0.0137]
Observations	2,180	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.241		0.247
Log Vraisemblance	-3,922	-1,936	-5,120

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

**Tableau 15 : Prise en compte de l'effet des innovations passées sur l'investissement en R&D**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1) Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	(2) Innovation ( $\text{Inno}$ )	(3) Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO
Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)_{t-1}$ )	0.291*** [0.0182]		
Innovation ( $\text{Inno}_{t-1}$ )	0.222*** [0.0681]	0.593*** [0.0499]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.192*** [0.0396]	0.00805 [0.0207]	0.326*** [0.0174]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-1.277*** [0.180]		
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )		0.215*** [0.0413]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.452*** [0.0632]	
Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )			0.462*** [0.112]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.153*** [0.0231]	0.0926*** [0.0170]	0.0263* [0.0142]
Observations	2,180	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.245		0.250
Log Vraisemblance	-3,917	-1,947	-5,111

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

**Tableau 16 : Mobilisation du stock de capital R&D**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1) Intensité de capital R&D ( $\text{Log}(K_{RD}/L)$ )	(2) Innovation ( $\text{Inno}$ )	(3) Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	MCO
Intensité de capital R&D ( $\text{Log}(K_{RD}/L)_{t-1}$ )	0.472*** [0.0114]		
Innovation ( $\text{Inno}_{t-1}$ )		0.633*** [0.0491]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	0.109*** [0.0285]	0.0214 [0.0205]	0.326*** [0.0175]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	-0.572*** [0.130]		
Intensité du capital R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{K}_{RD}/L)$ )		0.089*** [0.0281]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )		0.415*** [0.0854]	
Innovation latente ( $\widehat{\text{Inno}}$ )			0.437*** [0.115]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.113*** [0.0164]	0.0782*** [0.0166]	0.0276* [0.0143]
Observations	2,180	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.523		0.249
Log Vraisemblance	-3.194	-1.951	-5.104

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus



### C. Formes réduites

L'analyse en forme réduite permet d'estimer directement l'impact du coût d'usage du capital R&D sur la probabilité d'innovation ou sur la productivité, sans suivre la séquence des équations du modèle principal. Cela ne permet pas de comprendre les mécanismes en œuvre et d'en vérifier la vraisemblance, mais les effets obtenus peuvent prendre en compte des canaux omis par notre modèle structurel. Le coût d'usage du capital R&D n'étant pas observé pour les entreprises n'investissant pas en R&D, les deux premières colonnes du tableau 17 présentent la sensibilité des estimations à cette réduction de l'échantillon, puis les deux colonnes suivantes présentent les résultats d'estimation des formes réduites. La réduction de l'échantillon d'estimation ne modifie pas les coefficients estimés, à l'exception d'une plus forte autocorrélation de la productivité. Les estimations sous formes réduites présentent un impact négatif et significatif de coût d'usage de la R&D sur la probabilité d'innover et sur la productivité des entreprises. D'après ces résultats, une baisse de 10% du coût d'usage du capital R&D induirait à long-terme une hausse de la probabilité d'innovation de 2.9% et de la productivité de 7%. Ces effets sont bien supérieurs aux estimations privilégiées (tableau 2), ce qui suggère que les économies réalisées peuvent avoir des effets positifs pour les entreprises en dehors de l'effet passant par l'investissement en R&D.

**Tableau 17 : Estimations sous formes réduites**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1)	(2)	(3)	(4)
	Innovation ( <i>Inno</i> )	Productivité ( <i>Log(LP)</i> )	Innovation ( <i>Inno</i> )	Productivité ( <i>Log(LP)</i> )
Estimateur	Probit	MCO	Probit	MCO
Innovation ( <i>Inno</i> <sub><i>t</i>-1</sub> )	0.655*** [0.0611]		0.695*** [0.0604]	
Productivité ( <i>Log(LP)</i> <sub><i>t</i>-1</sub> )	-0.0517 [0.0402]	0.586*** [0.0206]	0.0344 [0.0354]	0.588*** [0.0206]
Coût d'usage du capital R&D ( <i>Log(C)</i> )			-0.707*** [0.163]	-0.290*** [0.0958]
Intensité de R&D prédite ( <i>Log(RD/L)</i> )	0.257*** [0.0494]			
Innovation latente ( <i>Inno</i> )		0.425*** [0.133]		
Effectif ( <i>Log(L)</i> <sub><i>t</i>-1</sub> )	0.115*** [0.0234]	0.0173 [0.0126]	0.0539** [0.0214]	0.0251** [0.0121]
Observations	2,180	2,180	2,180	2,180
R <sup>2</sup>		0.356		0.355
Log Vraisemblance	-1,224	-2,559	-1,229	-2,560

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus

## D. Analyse de la marge extensive de R&D

L'analyse principale étudie l'effet du CIR passant par la marge intensive, c'est-à-dire l'augmentation de l'intensité en R&D des entreprises investissant en R&D. L'analyse de la marge extensive, c'est-à-dire la probabilité qu'une entreprise investisse en R&D, que nous proposons dans ce rapport met en avant les limites de nos données sur cet aspect. Afin d'étudier l'effet du CIR passant par la marge extensive, il faut prédire la valeur du coût d'usage du capital R&D. En effet, il est impossible d'observer le facteur de réduction des coûts de R&D grâce au CIR pour les entreprises n'investissant pas en R&D. Cependant, les données des enquêtes CIS n'offrent pas beaucoup de variables exogènes permettant d'expliquer ce coût d'usage, c'est-à-dire des variables sans autres liens avec les dépenses de R&D, l'innovation et la productivité que celui via le coût d'usage du capital R&D. Une fois ce coût d'usage du capital R&D expliqué nous pouvons prédire un coût d'usage factice pour les entreprises n'investissant pas en R&D. La probabilité qu'une entreprise investisse en R&D peut alors être expliquée par le coût d'usage ainsi déterminé.

En l'état, l'équation de coût d'usage du capital R&D estimée est la suivante :

$$\text{Log}(C)_{it} = \alpha_a + \mu_a \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \lambda_a \times \text{Log}(L)_{it} + \phi_{as} + \phi_{at} + \epsilon_{ait} \quad (\text{a})$$

Ensuite, nous pouvons estimer l'équation ci-dessous expliquant la probabilité d'investir en R&D, en utilisant un estimateur Probit :

$$RD_{it}^{cont} = \alpha_b + \mu_b \times \text{Log}(LP)_{it-1} + \beta_b \times \text{Log}(C)_{it} + \lambda_b \times \text{Log}(L)_{it} + \phi_{bs} + \phi_{bt} + \epsilon_{bit} \quad (\text{b})$$

La valeur du coût d'usage de la R&D mobilisée dans l'estimation de cette relation (b) est celle observée quand elle est disponible et celle prédite sinon. Notons aussi que cette même variable permet alors d'utiliser pour estimer l'équation d'intensité de R&D l'échantillon complet et l'estimateur Tobit.

Contrairement aux équations du modèle principal, les relations (a) et (b) ne font pas intervenir la valeur retardée de la variable dépendante. Dans le cas de la relation (a), cette omission est nécessaire afin de pouvoir prédire un coût d'usage du capital R&D même pour les entreprises pour lesquelles il n'est pas observé. Pour la relation (b), cela s'explique par les données observées : les entreprises investissant en R&D une année investissent aussi les autres années dans notre échantillon, donc cette relation ne serait pas identifiable.

Le tableau 18 présente les résultats d'estimation prenant en compte la marge extensive. La colonne (1) correspond à la relation (a). Le  $R^2$  de cette relation est malheureusement très faible (0.09), ce qui ne permet pas ensuite d'expliquer la probabilité d'investir en R&D, comme nous pouvons l'observer d'après les résultats d'estimation de la relation (b), présentés colonne (2). En revanche, ajouter cette étape d'estimation permet d'utiliser l'estimateur Tobit pour l'équation d'intensité de R&D. Nous observons, colonne (3), que les résultats ainsi obtenus sont proches de ceux du modèle principal (tableau 2 colonne 1). Mais ce n'est pas le cas pour l'équation d'innovation, colonne (4), dans laquelle l'effet de l'intensité de R&D prédite n'a plus d'effet significatif sur la probabilité d'innover. Il ressort de ces différents résultats que nos données issues des enquêtes CIS ne semblent pas nous permettre d'analyser suffisamment précisément l'effet du CIR via la marge extensive.

**Tableau 18 : Effets des innovations de produits et services sur la productivité**

Mesure de l'innovation : occurrence d'un produit ou service nouveau pour le marché

Variable dépendante	(1) Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ )	(2) R&D continue ( $RD^{cont}$ )	(3) Intensité de R&D ( $\text{Log}(RD/L)$ )	(4) Innovation ( $Inno$ )	(5) Productivité ( $\text{Log}(LP)$ )
Estimateur	MCO	Probit	Tobit	Probit	MCO
Innovation ( $Inno_{t-1}$ )				0.649*** [0.0488]	
Productivité ( $\text{Log}(LP)_{t-1}$ )	-0.0174*** [0.00460]	0.116*** [0.0210]	0.635*** [0.0836]	0.0257 [0.0206]	0.328*** [0.0174]
Coût d'usage du capital R&D ( $\text{Log}(C)$ ) <sup>(a)</sup>		-0.000754 [0.171]	-1.587*** [0.568]		
Intensité de R&D prédite ( $\text{Log}(\widehat{RD}/L)$ )				0.0300 [0.0209]	
R&D > 0 ( $d^{RD}$ )				0.710*** [0.0804]	
Innovation latente ( $\widehat{Inno}$ )					0.399*** [0.115]
Effectif ( $\text{Log}(L)_{t-1}$ )	-0.0147*** [0.00270]	0.0852*** [0.0164]	0.125** [0.0597]	0.0643*** [0.0167]	0.0288** [0.0143]
Observations	2,180	3,324	3,324	3,324	3,324
R <sup>2</sup>	0.091				0.249
Log Vraisemblance	700	-1,846	-7,439	-1,959	-5,114

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes sectoriels et temporels inclus.

(a): Le coût d'usage du capital R&D est celui observé pour les entreprises réalisant des dépenses de R&D, complété pour les autres entreprises par les prédictions à partir des résultats d'estimations présenté dans ce tableau, colonne (1)

## E. Impact du CIR sur l'emploi

Dans cette annexe, nous mobilisons l'approche présentée par Hall, Lotti and Mairesse (2008) et Harrison *et al.* (2014) afin d'estimer l'impact de l'innovation et donc du CIR sur l'emploi des entreprises. Nous étudions alors les relations entre les évolutions de l'emploi et du chiffre d'affaires des entreprises pendant les périodes d'enquête en tenant compte des contributions des anciens et des nouveaux produits et services au chiffre d'affaire. L'enquête CIS renseigne sur ces évolutions au cours des trois ans de la période d'enquête. Les questions correspondantes ne sont pas posées en France car l'information est disponible par ailleurs, mais ces informations étaient introduites dans la base CIS par les services producteurs de la base, ce qui n'a pas été fait pour l'enquête 2010-2012. Aussi, nous ne disposons de ces informations que dans les enquêtes CIS 2002-2004 et 2006-2008. Il nous faudra ajouter des informations provenant d'autres bases de données afin d'affiner cette analyse.

Hall, Lotti and Mairesse (2008), tout comme Harrison *et al.* (2014), propose deux spécifications estimées. A partir de la première, spécification (i) ci-dessous, nous estimons les effets de l'évolution du chiffre d'affaire ainsi que de l'occurrence d'innovations de produits et services et de procédés sur l'évolution de l'emploi au sein des entreprises. La seconde, spécification (ii), est issue d'un programme d'optimisation des entreprises. D'après celle-ci, l'évolution de l'emploi est égale à la contribution des anciens produits à la croissance de la production plus un effet de la contribution des nouveaux produits à la croissance de la production et un effet des innovations de procédés. Ces deux spécifications sont présentées ci-dessous :

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{it} = \alpha_4 + \beta_4^g \times g_{it} + \beta_4^{prod} \times Inno_{it}^{prod} + \beta_4^{proc} \times Inno_{it}^{proc} + \lambda_4 \times \text{Log}(L_0)_{it} + \phi_{4st} + \epsilon_{4it} \quad (i)$$

Avec  $\Delta L$  l'évolution de l'emploi durant la période d'enquête,  $L_0$  le niveau d'emploi au début de l'enquête,  $g$  le taux de croissance du chiffre d'affaire,  $Inno^{prod}$  et  $Inno^{proc}$  des variables dichotomiques égales à 1 en cas d'innovation de produits ou de procédés, respectivement, et 0 sinon,  $\phi_{4st}$  des effets fixes secteur x temps afin de prendre en compte les évolutions des prix sur la période.<sup>20</sup>

$$\frac{\Delta L_{it}}{L_{0it}} - g_{it}^1 = \alpha_5 + \beta_5^{g^2} \times g_{it}^2 + \beta_5^{proc} \times Inno_{it}^{proc} + \beta_5^{g^2proc} \times g_{it}^2 \times Inno_{it}^{proc} + \lambda_5 \times \text{Log}(L_0)_{it} + \phi_{5st} + \epsilon_{5it} \quad (ii)$$

Avec  $g^1$  et  $g^2$  les contributions respectives des anciens et nouveaux produits à la croissance du chiffre d'affaire de l'entreprise et  $\phi_{5st}$  des effets fixes secteur x temps.<sup>21</sup>

Les équations (i) et (ii) sont estimées en mobilisant les valeurs prédites des variables explicatives. Les résultats d'estimations sont présentés dans le tableau 19.

<sup>20</sup> Les croisements des variables explicatives ont été introduit dans des spécifications estimées, mais les coefficients estimés de ces croisement sont systématiquement non-significatifs.

<sup>21</sup>  $g^1 = (1 - s) \times g - s$  et  $g^2 = s(1 + g)$ , avec  $s$  la part des nouveaux produits dans le chiffre d'affaire de l'entreprise la dernière année de l'enquête.

**Tableau 19 : Impact des innovations sur l'emploi**

Tableau 9.A

Variable dépendante : croissance de l'emploi ( $\Delta L/L_0$ )

	(1)	(2)	(3)
Croissance du chiffre d'affaire ( $\hat{g}$ )	0.593*** [0.164]		-1.407** [0.714]
Innovation de produit prédite ( $\widehat{Inno}^{prod}$ )		0.087*** [0.0238]	0.270*** [0.0956]
Innovation de procédés prédite ( $\widehat{Inno}^{proc}$ )		-0.173** [0.0773]	-0.571*** [0.2160]
Effectif ( $Log(L_0)$ )	-0.0119*** [0.0025]	-0.0175*** [0.0024]	-0.030*** [0.0067]
Observations	15,695	15,695	15,695
R <sup>2</sup>	0.054	0.054	0.054
Log Vraisemblance	246	247	249

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes secteur x temporels inclus

Tableau 9.B

Variable dépendante : croissance de l'emploi relativement à la contribution des anciens produits à la croissance du chiffre d'affaire ( $\frac{\Delta L}{L_0} - g^1$ )

	(1)	(2)	(3)
Contribution des nouveaux produits à la croissance du chiffre d'affaire ( $\hat{g}^2$ )	0.950*** [0.0523]		2.399*** [0.377]
Innovation de procédés prédite ( $\widehat{Inno}^{proc}$ )		0.884*** [0.0611]	0.418*** [0.113]
Croisement : $\widehat{Inno}^{proc} \times \hat{g}^2$ )			-2.236*** [0.536]
Effectif ( $Log(L_0)$ )	-0.007*** [0.0021]	-0.044*** [0.0032]	-0.011** [0.0043]
Observations	15,695	15,695	15,695
R <sup>2</sup>	0.044	0.036	0.045
Log Vraisemblance	-7521	-7580	-7511

Ecart-types entre crochets ; \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 - Effets fixes secteur x temporels inclus

Concernant la relation (i), tableau 9.A, les coefficients estimés sont significatifs et du signe espéré : la croissance du chiffre d'affaire ou une innovation de produits et services ont des effets positifs sur la croissance de l'emploi, tandis que les innovations de procédés ont l'effet inverse. Notons toutefois que lorsque ces variables sont toutes introduites simultanément l'effet de la croissance du chiffre d'affaire devient négatif tandis que les effets des innovations augmentent. Il peut s'agir d'un problème de multicollinéarité étant donné la forte corrélation entre les variables prédites. Cela conduit à l'estimation de la relation (ii), tableau 9.B, dans laquelle l'effet de la contribution des produits anciens à la croissance du chiffre d'affaire est calibré. Introduit séparément, la contribution des nouveaux produits à la croissance du chiffre d'affaire et l'occurrence d'une innovation de procédé ont tous deux un effet positif et significatif, mais pris ensemble nous observons un effet croisé négatif. L'effet positif sur l'emploi de la contribution des nouveaux produits disparaît s'il s'accompagne d'une innovation de procédés. Ces résultats sont toutefois à interpréter avec précautions : l'usage de multiples variables aux valeurs prédites dans une même régression est propre à conduire à des problèmes de multicollinéarité. De plus, il s'agit d'effets partiels : les gains d'emploi dans une entreprise peuvent s'accompagner de baisses d'emplois dans les autres entreprises.