

EVALUATION DE L'IMPACT DU CREDIT D'IMPÔT RECHERCHE

Benoît Mulkay¹ et Jacques Mairesse²

*Rapport pour le
Ministère l'Enseignement supérieur et de la Recherche*

Novembre 2011

¹ Université de Montpellier 1, Faculté d'Economie, benoit.mulkay@univ-montp1.fr
² CREST-ENSAE et UNU-MERIT (Université de Maastricht), mairesse@ensae.fr

RESUME

Cette étude a pour but d'évaluer l'impact du Crédit d'Impôt Recherche (CIR) sur les dépenses de recherche et développement (R&D) des entreprises présentes en France. L'analyse porte notamment sur l'impact du renforcement du CIR en 2004, puis en 2008.

La démarche consiste à calculer le coût de la R&D pour les entreprises en y intégrant notamment la prise en compte de l'impôt sur les sociétés, des subventions à la R&D et du CIR. En 2007, le CIR réduisait le coût moyen de la R&D de 18 % et les subventions de 4 %. Les subventions sont concentrées sur les entreprises faisant beaucoup de R&D qui ont une probabilité plus grande de recevoir une subvention à la R&D. En revanche, si les entreprises faisant peu de R&D ont moins de chance de recevoir une subvention, celle-ci couvre une part plus importante de leurs dépenses de R&D.

En 2008, le CIR a réduit en moyenne le coût de la R&D de plus de 47 %. La baisse du coût de la R&D due au CIR est ainsi de 30 % plus élevée qu'avant la réforme de 2008. L'utilisation d'une unité de R&D qui coûte en moyenne après subventions 21 centimes d'euro, passe à un coût moyen de 11 centimes d'euros grâce au CIR. La réduction du coût de la R&D est légèrement plus importante pour les PME (- 48 %) que pour les entreprises plus grandes (- 45 %). Le CIR donne donc un avantage de coût substantiel aux entreprises qui mènent des activités de R&D en France.

L'étude estime ensuite l'effet du coût de la R&D sur le capital R&D optimal pour l'entreprise. L'élasticité-prix du capital R&D, estimée sur l'ensemble de l'échantillon est de 0,4. Autrement dit, une baisse du coût de la R&D de 10 % implique une hausse du capital R&D optimal pour l'entreprise de 4 %. Cela entraîne alors une augmentation des dépenses de R&D des entreprises qui converge vers un niveau supérieur de 4 %.

Sur la base de ces estimations, l'étude simule le comportement d'un échantillon d'entreprises avec et sans la réforme 2008. La différence entre ces deux trajectoires permet alors d'évaluer l'effet de la réforme du CIR de 2008. Le capital R&D s'accroît globalement à long terme de 20 % du fait de la réforme. Les dépenses de R&D augmentent aussi progressivement après un démarrage timide au cours des premières années. La réforme du CIR a donc un effet favorable sur la R&D des entreprises qui met plusieurs années pour être totalement prise en compte par les entreprises.

Même en ne prenant qu'un échantillon constant d'entreprises, sans entrées, ni sorties, l'effet global sur la R&D dépasse après 5 ans l'augmentation de la dépense fiscale du CIR. Il y a donc une additionalité par rapport à la subvention indirecte que le CIR représente pour les entreprises. L'effet macroéconomique devrait être plus important du fait que cette étude n'a pas pris en compte d'effet de demande globale ni l'impact sur les rentrées fiscales supplémentaires ou sur la compétitivité des entreprises.

Bien que ces résultats semblent assez réalistes, ils doivent être considérés avec précaution du fait de l'imprécision des effets estimés. De même, la méthode d'évaluation ne peut pas prendre en compte l'effet du CIR sur les nombreuses entreprises qui sont venues au CIR suite à la réforme de 2008.

SOMMAIRE

1. Introduction	6
2. L'impact du CIR sur le coût d'usage du capital R&D	8
3. Niveau et évolution du coût d'usage du capital R&D	12
4. Résultats d'estimation du modèle de demande de capital R&D	19
<i>4.1. Régressions sur l'ensemble de la période et sur la période 2004-2007</i>	<i>20</i>
<i>4.2. Régressions selon la taille de l'entreprise pour 2004-2007</i>	<i>21</i>
<i>4.3. Régressions avec des paramètres variables selon la taille de l'entreprise</i>	<i>23</i>
<i>4.4. Commentaires sur l'effet du CIR selon la taille de l'entreprise</i>	<i>25</i>
5. Une simulation ex ante des effets de la réforme de 2008	28
6. Conclusions	32
Annexe 1. Dérivation du coût d'usage du capital R&D	34
Annexe 2. Spécification et estimation du modèle de demande de capital R&D	41
Annexe 3. Les données	46
Annexe 4. Les éléments du coût du capital	49
Annexe 5. Résultats détaillés des estimations	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
<i>Remerciements</i>	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Effet du CIR sur le coût d'usage du capital R&D par périodes (Moyennes sur l'ensemble des entreprises)	13
Tableau 2 :	Effet de la réforme 2008 sur le coût d'usage du capital R&D en fonction de la taille des entreprises (Moyennes sur l'échantillon)	21
Tableau 3 :	Estimations des élasticités de long terme sur l'ensemble de la période 1981-2007 et sur la période récente 2004 – 2007 <i>(Estimations détaillées en Annexe 5: Tableau A5)</i>	24
Tableau 4 :	Estimations des élasticités de long terme séparées pour deux classes de taille d'entreprises sur la période récente 2004 – 2007 <i>(Estimations détaillées en Annexe 5: Tableau A6)</i>	25
Tableau 5 :	Estimations avec élasticités de long terme variables suivant la taille des entreprises sur la période récente 2004 – 2007 <i>(Estimations détaillées en Annexe 5: Tableau A7)</i>	27
Tableau 6 :	Augmentation des dépenses de R&D après la réforme de 2008 : scénario simulé par rapport au scénario de référence et multiplicateur implicite de l'accroissement du CIR (évalué en M€ sur l'ensemble de l'échantillon)	33
Tableau A1 :	Répartition sectorielle des entreprises dans l'échantillon	50
Tableau A2 :	R&D et Effectifs de R&D : Comparaison entre l'échantillon et l'enquête R&D en 2007	50
Tableau A3 :	Variables constantes entre les entreprises	54
Tableau A4 :	Moyennes des variables spécifiques des entreprises	55
Tableau A5 :	Résultats détaillés des estimations de base	56
Tableau A6 :	Résultats détaillés des estimations par classe de taille	57
Tableau A7 :	Résultats détaillés des estimations avec paramètres variables	58

LISTE DES GRAPHIQUES

<p>Graphique 1 : Evolution du coût d'usage du capital R&D et de ses composantes (Moyennes en Euros - Ensemble des entreprises de l'échantillon - 1978 - 2007)</p> <p>Graphique 2 : Proportion des entreprises recevant une subvention à la R&D et Taux de Subvention selon l'effort de R&D (Ensemble des entreprises de l'échantillon - 1978 - 2007)</p> <p>Graphique 3 : Evolution des effets des subventions et du CIR sur le coût d'usage du capital R&D (Moyennes en Euros - Ensemble des entreprises de l'échantillon - 1978 - 2007)</p> <p>Graphique 4 : Evolution du coût d'usage moyen du capital R&D selon la taille des entreprises (PME de moins de 250 salariés et entreprises de plus de 250 salariés - Moyennes en euros - - 1978 - 2007)</p> <p>Graphique 5 : Elasticité de long terme du CIR selon la taille de l'entreprise. Estimation basée sur l'estimation à paramètres de long terme variable en fonction de la taille de l'entreprise pour la période 2004 – 2007. (Intervalle de confiance à 90 % en pointillés)</p> <p>Graphique 6 : Evolution simulée du capital R&D après la réforme de 2008, M€</p> <p>Graphique 7 : Evolution simulée de la R&D après la réforme de 2008 M€</p> <p>Graphique 8 : Augmentation des dépenses de R&D après la réforme de 2008 : scénario simulé, scénario de référence et multiplicateur implicite de l'accroissement du CIR (<i>Évalués en M€ sur l'ensemble de l'échantillon</i>)</p> <p>Graphique A1: Représentativité de l'échantillon par rapport à l'enquête R&D en 2007 (<i>Proportion des entreprises par classes de dépenses de R&D</i>)</p> <p>Graphique A2: Moyennes des composantes du coût du capital</p> <p>Graphique A3: Moyennes des variables spécifiques des entreprises</p>	<p>16</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>28</p> <p>32</p> <p>32</p> <p>34</p> <p>51</p> <p>52</p> <p>53</p>
--	---

1. Introduction

Depuis une dizaine d'années et dans de nombreux pays, les incitations publiques à la R&D des entreprises privées se sont développées sous la forme d'incitations fiscales, plutôt que sous celle des subventions directes. C'est le cas de la France, qui a instauré un crédit d'impôt recherche (CIR) dès 1983, et l'a beaucoup renforcé depuis 2004. Alors qu'il était initialement de "type incrémental", c'est-à-dire qu'il portait sur l'augmentation de la R&D des entreprises, la principale rupture a été en 2004 l'introduction en parallèle d'un CIR "en volume" portant sur son montant total de la R&D. A partir de 2008, le CIR est radicalement simplifié, avec un calcul uniquement en fonction du volume des dépenses déclarées, et renforcé, y compris avec la suppression du plafonnement de l'avantage fiscal pour les entreprises.

Beaucoup d'études ont été consacrées à l'évaluation des incitations fiscales à la R&D du CIR aux Etats-Unis depuis les années 1980 (Mansfield 1985, Mansfield et Switzer 1985, Eisner, Albert et Sullivan 1986, Hall 1993). Ces études ont été poursuivies au Canada par Bernstein (1986) puis Dagenais, Mohnen et Therrien (1997) et en Grande-Bretagne par Griffith, Sandler et Van Reenen (1995). Plus récemment, d'autres études analysent les incitations fiscales à la R&D dans différents pays : Haegeland et Moen (2007) pour la Norvège, Lokshin et Mohnen (2008) pour les Pays-Bas, ou encore Czarnitsky, Hanel et Rosa (2011) pour le Canada. Par ailleurs, plusieurs articles ont proposé des synthèses des estimations des effets de ces dispositifs : Hall et Van Reenen (2000), Bloom, Griffith et Van Reenen (2002), Jaumotte et Pain (2005), Warda (2006), Ientile et Mairesse (2009).

Depuis l'introduction du CIR en France en 1983, quelques analyses se fondant sur différentes approches ont été réalisées dans le cadre d'articles scientifiques et de rapports administratifs³. Une étude exploratoire avait été présentée par Asmussen et Bériot (1983) dans une note non publiée du Ministère des Finances. Mairesse et Mulkay (2003) dans une première étude économétrique avaient obtenu des estimations très élevées de l'impact du CIR incrémental sur la période 1983 – 1999, alors que Duguet (2007) en utilisant une méthode de comparaison par appariement entre entreprises bénéficiant ou non du CIR a trouvé un impact plus faible sur la période 1993 - 2003⁴. Plus récemment, Cahu, Demmou et Massé (2010) ont proposé une évaluation macroéconomique de l'effet du CIR et de la réforme de 2008. Ils s'appuient sur les résultats des deux études microéconomiques précédentes pour évaluer l'impact macroéconomique, en détaillant notamment l'impact sur les dépenses de R&D des entreprises et l'emploi de chercheurs.

Ce rapport, commandé par le MESR, approfondit et actualise l'étude économétrique qui avait été conduite par les auteurs en 2003. Comme l'étude de 2003, il spécifie un modèle de comportement d'investissement en R&D des entreprises en fonction notamment d'un coût d'usage de leur capital R&D, dont il estime les paramètres de long terme et la dynamique d'ajustement. L'analyse des déterminants du coût d'usage de la R&D permet de fonder une

³ Notamment les Rapports annuels au Parlement sur le CIR effectués par le Ministère de la Recherche ; aussi les Rapports de la Cour des Comptes ou de l'Inspection Générale du Ministère des Finances.

⁴ Les résultats de cette étude commandée par le MESR ont été présentés dans les Rapports au Parlement sur le CIR 2007 et 2009 (MESR 2008 et 2010).

évaluation de l'impact moyen du CIR. L'analyse se concentre en particulier sur la période récente 2004 – 2007 qui a vu l'introduction d'une part en volume dans le calcul du CIR, et tente d'en inférer *ex ante* l'impact de la réforme de 2008, avant que les données individuelles sur la R&D des entreprises ne soient disponibles sur une période suffisamment longue pour permettre des évaluations statistiques *ex post*. Les estimations restent fragiles et imprécises, et la simulation *ex ante* de l'impact de la réforme de 2008 doit être évidemment considérée avec une grande prudence.

La section 2 caractérise l'effet du CIR sur le coût de la R&D des entreprises, ou plus précisément sur le coût d'usage de leur capital R&D, montre comment cet effet varie avec les modalités du CIR, notamment s'il est incrémental ou en volume, et propose une décomposition du coût d'usage du capital R&D qui identifie l'effet propre du CIR. La section 3 estime le coût d'usage du capital R&D et ses différentes composantes de 1978 à 2007. Ce calcul est fait sur un échantillon de l'ensemble des entreprises qui ont fait de la R&D sur la période. La section 4 présente différentes estimations des paramètres principaux de l'étude : l'élasticité de la demande de R&D des entreprises au CIR et le paramètre dynamique (ou de « correction d'erreur »). La section 5 présente les résultats de la simulation *ex ante* de la réforme 2008. La section 6 résume les principaux enseignements de l'étude et signale leurs limites. Cette conclusion esquisse aussi quelques voies d'approfondissement qui pourraient permettre d'une part de confirmer et de préciser ces premiers résultats et d'autre part de les approfondir et les compléter, notamment lorsque l'on pourra disposer, avec les données d'entreprises sur les dernières années 2008 à 2010, de suffisamment de recul sur la réforme de 2008. La méthode utilisée suppose en effet l'utilisation des données comptables des entreprises qui sont disponibles avec un délai de 3 ans.

2. L'impact du CIR sur le coût d'usage du capital R&D

L'analyse, utilise la notion de coût d'usage du capital R&D. On considère tout d'abord que la R&D s'accumule au niveau de l'entreprise pour former un stock de connaissances sur l'état des sciences et des techniques nécessaires à l'entreprise. Elle peut utiliser ce stock de connaissances pour réaliser sa production et pour innover en proposant de nouveaux produits ou en utilisant des procédés moins coûteux.

La théorie économique permet de calculer un coût d'utilisation d'une unité de connaissance ou de R&D au cours d'une année. Cela équivaut au coût fictif de location de cette unité de connaissance par l'entreprise pendant l'année, ou à la différence entre son coût d'acquisition en début d'année et de revente en fin d'année.

Ce coût est appelé le *coût d'usage du capital*, suite aux travaux de Jorgenson (1963) et de Hall et Jorgenson (1967) dans les années soixante⁵. Il dépend du prix de la R&D, du coût d'opportunité des fonds immobilisés (le taux de rendement net de l'entreprise) net des plus-values potentielles sur cette unité de R&D et du taux de dépréciation de la R&D. Il dépend aussi de la manière dont l'entreprise finance sa R&D, des paramètres fiscaux tels que le taux de l'impôt des sociétés et la déductibilité fiscale des dépenses de R&D, des subventions à la R&D reçues par l'entreprise, et finalement du crédit d'impôt recherche (*CIR*).

En notant :

- ρ : le taux de rendement net de l'entreprise,
- r : le taux d'intérêt sur ses emprunts,
- δ : le taux de dépréciation du capital R&D,
- π : le taux d'inflation sur le prix des dépenses de R&D,
- τ : le taux nominal d'impôt des sociétés,
- s : le taux de financement de la R&D par endettement,
- η : le taux de subvention à la R&D : la part de la R&D financée par des subventions publiques,
- γ : le paramètre de réduction du coût de la R&D du fait du CIR,
- P^{RD} : l'indice de prix de la R&D,

L'annexe 1 présente la dérivation formelle de ce coût d'usage du capital provenant de la maximisation de la valeur de marché de l'entreprise ainsi que les hypothèses sur lesquelles elle s'appuie. L'expression (A.12) définit ce coût d'usage du capital C la formule suivante :

$$C = P^{RD} \frac{1}{1-\tau} \left\{ \begin{array}{c} \underbrace{(\rho + \delta - \pi)}_{\text{Coût de Base}} + \underbrace{[s((1-\tau)r - \rho)]}_{\substack{\text{Marché des capitaux} \\ \text{Imparfaits}}} - \underbrace{[\tau(1-\eta)(\rho + \delta - \pi)]}_{\text{Déductibilité Totale de la R&D}} \\ - \underbrace{[\eta(\rho + \delta - \pi)]}_{\substack{\text{Effets des subventions}}} - \underbrace{[\gamma(1-\eta)(\rho + \delta - \pi)]}_{\text{Effets du CIR}} \end{array} \right\} \quad (1)$$

⁵ Voir également Auerbach (1983) et Mayer (1986).

La formule (1) fait ainsi apparaître les différents éléments constituants le coût d'usage du capital, avec leur influence respective. L'effet des marchés des capitaux imparfaits peut avoir une influence positive ou négative sur le coût d'usage du capital car il dépend de l'écart entre le coût de financement par la dette (avec la déductibilité fiscale des charges financières) et le coût des fonds internes de l'entreprise : le taux de rendement net ρ . L'impôt des sociétés augmente le coût du capital R&D pour l'entreprise du fait qu'une partie des bénéfices de la R&D est prélevée par l'Etat. En revanche, du fait de la déductibilité des dépenses de R&D de la base taxable à l'impôt des sociétés, le coût du capital se réduit pour l'entreprise. Cette réduction de coût peut aussi provenir des subventions publiques directes à la R&D que reçoit l'entreprise.

Finalement le Crédit d'Impôt Recherche réduit le coût d'usage du capital R&D pour l'entreprise avec un taux γ sur le coût de la R&D hors subventions. Ce paramètre γ dépend du système de CIR, incrémental ou en volume, et des taux nominaux du CIR qui ont évolué dans le temps. Si on note θ^M le taux nominal du crédit d'impôt incrémental (ou marginal) et θ^V le taux nominal du crédit d'impôt en volume (introduit en France en 2004), on peut expliciter dans le Tableau 1 suivant la réduction du coût de la R&D (hors taxes) du fait du CIR.

Avant 1990, le CIR était de type incrémental. Il était basé sur l'écart avec la R&D (réévaluée) de la période précédente, alors qu'entre 1991 et 2007, le CIR incrémental était basé sur la différence entre la R&D courante et la moyenne de la R&D (réévaluée) des 2 années précédentes. Cette réforme de 1991 donne un effet du CIR environ 50 % supérieur pour cette seconde période pour un même taux nominal du CIR. On peut remarquer que l'effet du CIR incrémental ne joue que si le taux de rendement net réel est positif ($\rho - \pi > 0$). S'il n'y a pas d'actualisation, le CIR incrémental est inefficace pour réduire le coût du capital R&D de l'entreprise. De même si ce taux de rendement net réel augmente, le CIR devient plus efficace : il réduit davantage le coût du capital R&D.

A partir de 2004, on a introduit un CIR en volume : d'abord au taux $\theta^V = 5\%$ en 2004 et 2005, puis au taux $\theta^V = 10\%$ en 2006 et 2007. Ce taux s'applique directement sur les dépenses de R&D éligibles au CIR de l'entreprise. Depuis 2008, il n'y a plus de CIR incrémental, mais un système uniquement en volume avec deux taux : $\theta_1^V = 30\%$ pour une première tranche de R&D inférieur au seuil $RD^* = 100$ M€, et un second taux $\theta_2^V = 5\%$ pour la R&D au dessus de ce seuil. De plus, à partir de 2008, il n'y a plus de plafonnement de l'avantage du CIR qui existait auparavant avec des montants qui ont évolué de 0,5 M€ en 1983 à 16 M€ en 2007.

Le tableau 1 résume l'effet du CIR sur le coût d'usage du capital selon les différents paramètres fiscaux⁶. La dernière colonne donne l'effet moyen théorique du CIR en pourcentage de réduction du coût de la R&D pour un taux de rendement nominal ρ de 8 % et un taux d'inflation sur la R&D π de 3 %, soit un taux de rendement réel $\rho - \pi$ de 5 %. On suppose que l'entreprise bénéficie du CIR incrémental en augmentant sa R&D, mais que son avantage fiscal se situe sous le plafond. Pour un taux d'actualisation constant, le CIR devient de plus en plus généreux pour les entreprises, surtout avec l'introduction en 2004 d'une part de CIR en volume, d'autant plus que toutes les entreprises déclarantes peuvent bénéficier du CIR, et non plus seulement celles dont la R&D augmente.

⁶ Voir la dérivation théorique de cet effet dans l'Annexe 1.

Tableau 1 : Effet du CIR sur le coût d'usage du capital R&D par périodes
Moyennes sur l'ensemble des entreprises

	Effet théorique du CIR sur le coût du capital de R&D : γ	Taux du CIR	Plafond du CIR	γ Moyen**
1983 à 1984	$\gamma = \theta^M \times \frac{\rho - \pi}{1 + \rho}$	$\theta^M = 25\%$ $\theta^V = 0\%$	457 K€	1,16 %
1985 à 1987			762 K€	2,31 %
1988 à 1990			1 524 K€	
1991 à 2000	$\gamma = \theta^M \times \frac{\rho - \pi}{1 + \rho} \times 1,5$	$\theta^M = 50\%$ $\theta^V = 0\%$	6,1 M€	3,47 %
2001 à 2003			6,1 M€	
2004 à 2005	$\gamma = \theta^V + \left(\theta^M \times \frac{\rho - \pi}{1 + \rho} \times 1,5 \right)$	$\theta^M = 45\%$ $\theta^V = 5\%$	8 M€	8,13 %
2006		$\theta^M = 40\%$ $\theta^V = 10\%$	10 M€	12,78 %
2007			16 M€	
A partir de 2008	$\gamma = \begin{cases} \theta_1^V & \text{si } RD \leq RD^* \\ \theta_2^V + (\theta_1^V - \theta_2^V) \frac{RD^*}{RD} & \text{si } RD > RD^* \end{cases}$	$\theta_1^V = 30\%$ $\theta_2^V = 5\%$ $RD^* = 100 \text{ M€}$	Aucun	30,0 %**

* Le seuil de passage au taux réduit est de 100 M€ de dépenses de R&D

** Le γ moyen est calculé en fixant le taux de rendement ρ à 8 % et le taux d'inflation sur les dépenses de R&D π à 3 % pour toutes les années.

La réforme de 2008 a renforcé cette aide fiscale à la R&D du fait que la grande majorité des entreprises effectue moins de 100 M€ de R&D au cours de l'année⁷ : ces entreprises bénéficient ainsi du CIR au taux maximal de 30 %. L'effet de réduction de coût du CIR diminue avec la R&D de l'entreprise : il devrait être inférieur à l'effet calculé en 2007 (12,78 %) pour les entreprises déclarant plus de 720 M€ de R&D. Mais celles-ci étaient frappées par le plafonnement du CIR en 2007 (le plafond était effectif pour les entreprises

⁷ Ce plafond, à partir duquel le taux du CIR se réduit à 5 %, est calculé pour chaque filiale faisant de la R&D d'un groupe fiscalement intégré. En conséquence ce plafond peut ne pas jouer au niveau du groupe. Dans l'enquête R&D de 2007, seuls 49 répondants (0,9 %) déclarent une R&D totale supérieure à 100 M€. Cependant ces 49 entreprises comptent pour 56 % de la R&D totale.

faisant plus de 160 M€ de R&D sans compter le CIR incrémental). En conséquence, toutes les entreprises ont été gagnantes avec la réforme de 2008.

3. Niveau et évolution du coût d'usage du capital R&D

Afin d'analyser les évolutions du coût d'usage du capital recherche et de ses composantes, nous utilisons un échantillon d'entreprises faisant de la R&D au cours de la période 1978 – 2007. La constitution de cet échantillon est décrite dans l'annexe 3. L'échantillon (non cylindré) initial comporte 39 553 observations concernant 3 995 entreprises sur cette période d'observation.

On calcule pour chaque entreprise un coût d'usage du capital R&D en introduisant successivement les différents éléments de la formule (1), soit :

- le coût d'usage du capital de base
- les marchés des capitaux imparfaits
- l'impôt des sociétés
- la déductibilité totale des dépenses de R&D
- les subventions à la R&D
- le Crédit d'Impôt Recherche Incrémental
- le Crédit d'Impôt Recherche en Volume

Les évolutions des moyennes du coût d'usage réel du capital R&D au cours de la période d'observation 1978 – 2007 sont présentées dans le Graphique 1, ainsi que la projection pour l'année 2008, en se basant sur les variables de 2007, mais avec le nouveau système réformé du CIR. Les paramètres fiscaux et du CIR ainsi que les variables composant ce coût d'usage du capital sont présentées et commentées plus en détail dans l'Annexe 4.

On peut interpréter les unités de mesure comme le coût réel en euro de l'utilisation d'une unité de R&D pendant une année. En moyenne, le coût de base augmentation depuis le début de la période jusqu'au début des années 90, passant de 0,15 € à 0,21 € en 1993. Après une légère décrue, ce coût de base se stabilise de 1997 à 2004, avant de remonter à la fin de la période d'observation à 0,22 €. Cette remontée peut être expliquée par l'augmentation d'une part du prix relatif (réel) de la R&D par rapport au prix de la valeur ajoutée, et d'autre part par un relèvement du coût unitaire de la R&D du fait de la remontée du taux de rendement réel depuis le début des années 2000. L'Annexe 4 donne plus de détails sur l'évolution du coût de base du capital R&D et de ses composantes.

L'évolution moyenne du coût de la R&D est à peine modifiée lorsque l'on introduit les imperfections sur les marchés des capitaux qui entraînent un écart de coût entre les fonds propres et les fonds empruntés par l'entreprise. Si les dépenses de R&D n'étaient pas déductibles de la base taxable, l'impôt des sociétés aurait pour effet de renchérir fortement le coût du capital R&D pour les actionnaires: ce que l'on voit par la courbe la plus haute dans le Graphique 1. Mais cet effet de l'impôt des sociétés est contrebalancé par la déductibilité totale

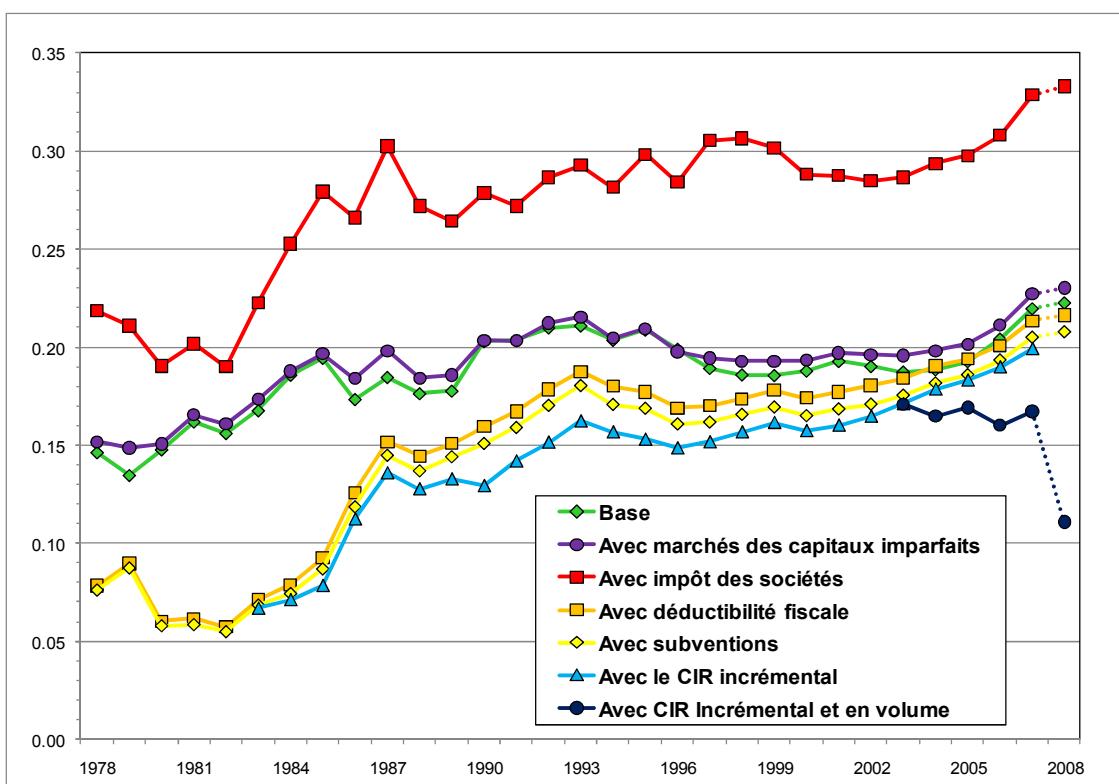
de la R&D de la base taxable⁸. Les deux effets conjoints de l'impôt des sociétés et de la déductibilité fiscale se compenseraient exactement. La prise en compte des marchés de capitaux imparfaits introduit cependant une différence entre ces deux effets égale à :

$$-\left(\frac{P^{RD}}{P}\right)\left(\frac{\tau}{1-\tau}\right)s\rho$$

Cette différence dépend du taux de l'impôt des sociétés qui a tendanciellement diminué sur la période de 50 % à 34,4 %. Ce qui implique une diminution du facteur $\tau/(1 - \tau)$. De même, le taux d'endettement (s) et le taux de rendement (ρ) ont aussi diminué sur la période (voir Annexe 4). En revanche le prix relatif de la R&D a augmenté. Néanmoins l'effet global de la prise en compte de l'impôt des sociétés et de la déductibilité fiscale s'est réduit sur la période de 11 centimes en 1984 à moins de 2 centimes d'euros à la fin de la période.

Graphique 1 : Evolution du coût d'usage du capital R&D et de ses composantes

Moyennes en Euros – Ensemble des entreprises de l'échantillon – 1978 - 2007



Note de lecture : Les courbes présentent le coût moyen d'utilisation d'un euro de R&D (en volume) au cours d'une année suivant l'introduction des différents éléments de son calcul.

En 2008 : le coût annuel d'un euro de R&D avant subventions ou CIR (courbe orange) était de 21 centimes, alors que l'introduction des subventions et du CIR réduit ce coût annuel à 11 centimes.

⁸ On considère ici que les dépenses de R&D de quelque nature qu'elles soient sont entièrement déductibles de la base taxable au lieu d'être considérée comme un actif amortissable (fiscalement), avec un certain profil d'amortissement.

Les subventions publiques à la R&D ont un effet assez faible sur le coût du capital R&D. En moyenne la réduction du coût de la R&D est d'à peine 1 centime d'euro (voir le Graphique 3), soit 5 % du coût de la R&D. Dans notre échantillon, sur l'ensemble de la période 1978 – 2007, 29 % des entreprises reçoivent une subvention publique à la R&D. Donc la réduction du coût de la R&D du fait des subventions affecte moins du tiers des entreprises, ce qui a peu d'effet sur la moyenne de l'effet des subventions sur le coût de la R&D.

Ces subventions sont très inégalement réparties avec des disparités importantes selon l'effort de R&D de l'entreprise comme l'indique le Graphique 2. Plus les dépenses de R&D sont importantes, plus l'entreprise a des chances de recevoir une subvention. Seulement 11 % des entreprises faisant moins de 50 000 € de R&D sont subventionnées, alors que 8 entreprises sur 10 le sont si elles font plus de 100 M€ de R&D. Cette proportion d'entreprises recevant une subvention à la R&D augmente régulièrement avec les dépenses de R&D.

Hormis la classe des entreprises faisant moins de 50 000 euros de R&D, les dépenses de R&D subventionnées passent de 5,7 % pour les entreprises faisant de 50 à 100 K€ de R&D à 3,0 % pour les entreprises faisant entre 1 et 5 M€ de R&D. A partir de 5 M€ de R&D, ce taux de subvention augmente jusqu'à 16 % pour les entreprises faisant plus de 100 M€ de R&D. Ces observations sur la distribution des subventions en fonction de la taille des entreprises sont cohérentes avec les statistiques descriptives disponibles à partir de l'enquête sur les dépenses de R&D du MESR et avec les constatations qui avaient été faites par l'étude d'évaluation précédente du CIR⁹.

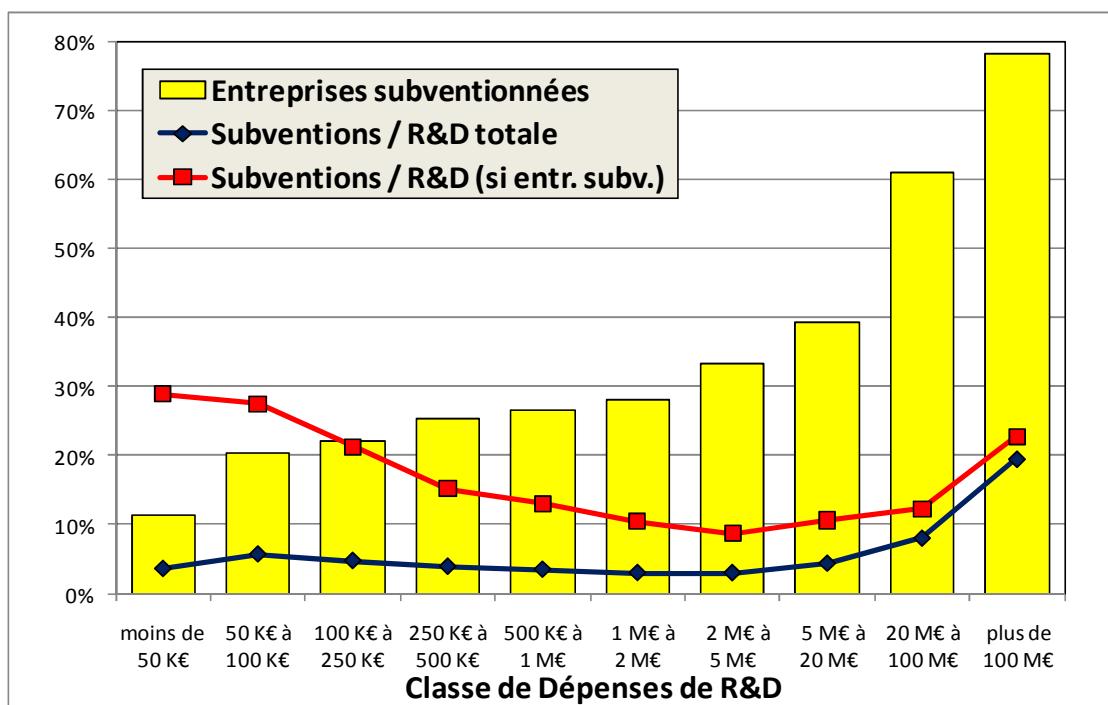
Cependant si on ne considère que les entreprises recevant une subvention à la R&D, la proportion de la R&D subventionnée décline jusqu'à un montant de 5 M€ de R&D par entreprise. Alors que cette part atteint entre 27,5 à 28,9 % pour les entreprises faisant moins de 100 000 euros de R&D, elle tombe à environ 9 % pour les entreprises faisant entre 1 et 20 M€ de R&D. Pour les entreprises faisant plus de 5 M€ de R&D, la part de la R&D subventionnée remonte de 10 % pour des dépenses de R&D de 5 à 20 M€ à 23 % pour les entreprises faisant plus de 100 M€ de R&D. Si les entreprises reçoivent une subvention pour leur R&D, le taux de subvention moyen suit une courbe en U au bénéfice des entreprises faisant une R&D faible ou importante. Les entreprises moyennes en termes de R&D reçoivent proportionnellement moins de subventions à la R&D. Ces résultats confirment l'analyse du Rapport au Parlement sur le CIR 2010 (MESR, 2011 – voir la section 1.3).

Ainsi les entreprises qui ont des dépenses de R&D faibles ont moins de chance de recevoir une subvention. Mais lorsqu'elles la reçoivent, cela couvre une plus large part du coût total de leur R&D. A l'autre extrême les entreprises faisant beaucoup de R&D sont très probablement subventionnées et pour une part importante de leurs dépenses de R&D. Les entreprises dans des situations intermédiaires ont une probabilité croissante de recevoir une subvention à mesure que leurs dépenses de R&D augmentent, mais la part des dépenses couvertes par la subvention est plus faible, avec un impact relativement faible sur le coût unitaire de la R&D.

⁹ Voir notamment les Rapport au Parlement sur le CIR 2007 et 2010 (MESR 2008 et 2011), ainsi que Duguet (2007).

Graphique 2 : Proportion des entreprises recevant une subvention à la R&D et Taux de subvention selon l'effort de R&D

Ensemble des entreprises de l'échantillon – 1978 - 2007



Note de lecture : 78 % des entreprises faisant plus de 100 M€ de R&D reçoivent une subvention à la R&D, alors qu'elles sont à peine 12 % à en recevoir si elles font moins de 50 000 € de R&D.

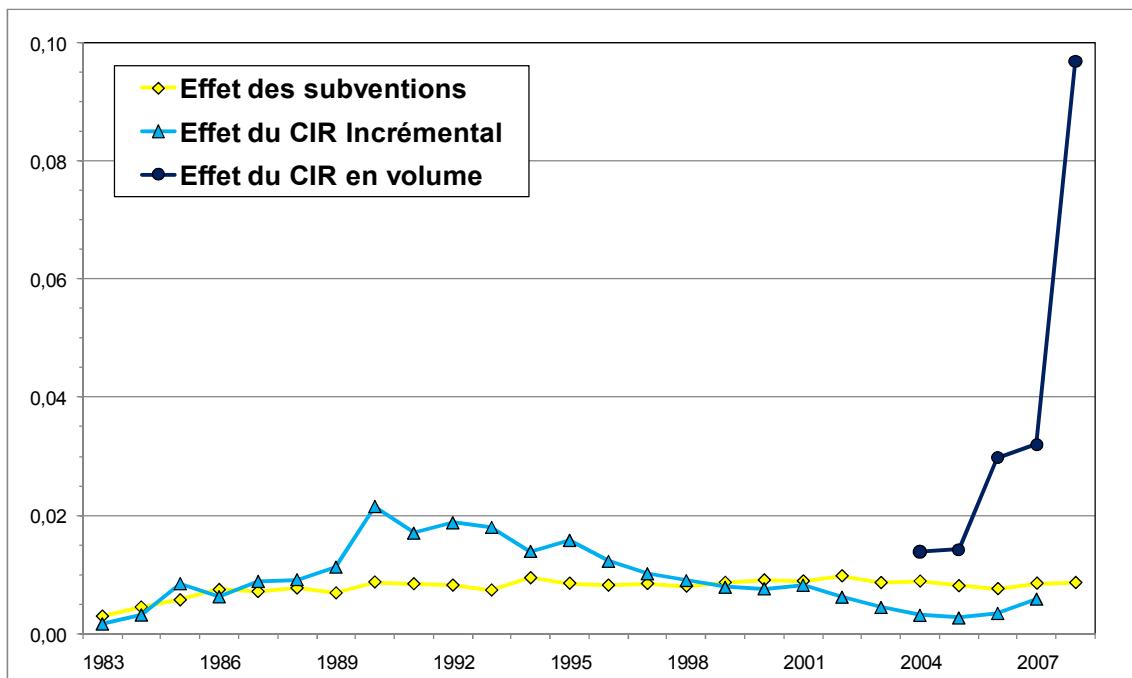
Si on tient compte de toutes les entreprises, la part des dépenses de R&D subventionnées est de 4 % (courbe bleue) pour les entreprises faisant moins de 50 000 € de R&D. Pour les entreprises qui reçoivent une subvention, celle-ci couvre 29 % de leurs dépenses totales (courbe rouge).

Le CIR a débuté en 1983, il a eu un effet de plus en plus important au début des années 1990 avec en moyenne une réduction de coût de la R&D de 1,5 centimes pour une unité de R&D, alors que le coût moyen de cette unité de R&D se situait entre 15 et 18 centimes d'euros à cette époque (voir Graphique 1). L'effet du CIR incrémental s'est réduit alors progressivement pour terminer en 2007 à un niveau de 0,5 centime d'euro pour un coût moyen de l'unité de R&D de 21 centimes d'euros, soit moins de 2 % du coût d'usage de la R&D.

L'introduction d'une part en volume a permis dès 2004 une réduction substantielle du coût de la R&D. Tout d'abord avec une réduction du coût de l'unité de R&D de 1,4 centimes d'euro en 2004 et 2005, puis de 3 centimes d'euro en 2006 et 2007 (voir le Graphique 3). L'effet passe en moyenne de 8 à 16 % du coût de la R&D entre 2004 et 2007, soit un doublement de la réduction de coût. Si on projette la réforme de 2008 en utilisant les mêmes variables qu'en 2007, le coût unitaire d'usage de la R&D se réduit substantiellement de quasiment 10 centimes d'euro, passant de 21 à 11 centimes d'euros pour une unité de R&D, soit une réduction de coût de 46 % en moyenne !

Graphique 3 : Evolution des effets des subventions et du CIR sur le coût d'usage du capital R&D

Moyennes en Euros – Ensemble des entreprises de l'échantillon – 1983 - 2007



Note de lecture : Les subventions réduisent en moyenne le coût annuel d'utilisation d'un euro de R&D de 1 centime. Le CIR en volume réduit ce coût annuel de 3 centimes en 2007, et de presque 10 centimes en 2008 avec le nouveau système.

Cet effet est beaucoup plus important que le taux nominal du CIR : 30 % pour les entreprises dont les dépenses de R&D sont inférieures à 100 M€. La différence de coût du fait de l'introduction du CIR est égale à l'effet nominal γ divisé par 1 moins le taux d'impôt des sociétés τ , parce que l'on considère ici la valeur finale pour l'entreprise (ou pour l'actionnaire) de la réduction du coût de la R&D. Ainsi, si on néglige l'effet de l'imperfection des marchés des capitaux, le coût de la R&D hors CIR, mais avec les subventions à la R&D serait, à partir de la formule (1) :

$$C^{SUBV} = P^{RD}(1 - \eta)(\rho + \delta - \pi) \quad (2)$$

alors que si on introduit le CIR, le coût de la R&D devient :

$$C^{CIR} = P^{RD}\left(1 - \eta\right)\left(1 - \frac{\gamma}{1 - \tau}\right)(\rho + \delta - \pi) \quad (3)$$

avec γ le paramètre de réduction du coût de la R&D qui dépend des particularités du système du CIR (voir Tableau 1). En faisant la différence entre ces deux coûts, avec et sans le CIR, on obtient la réduction relative du coût de la R&D par rapport au coût de la R&D du fait du CIR uniquement :

$$\frac{C^{CIR} - C^{SUBV}}{C^{SUBV}} = -\frac{\gamma}{1 - \tau} \quad (4)$$

Comme le paramètre de réduction avant impôt du CIR γ est de 30% à partir de 2008 (pour les entreprises faisant moins de 100M€ de R&D déclarée) et que le taux d'impôt des sociétés en 2008 τ est de 34,4%, on obtient une réduction du coût de :

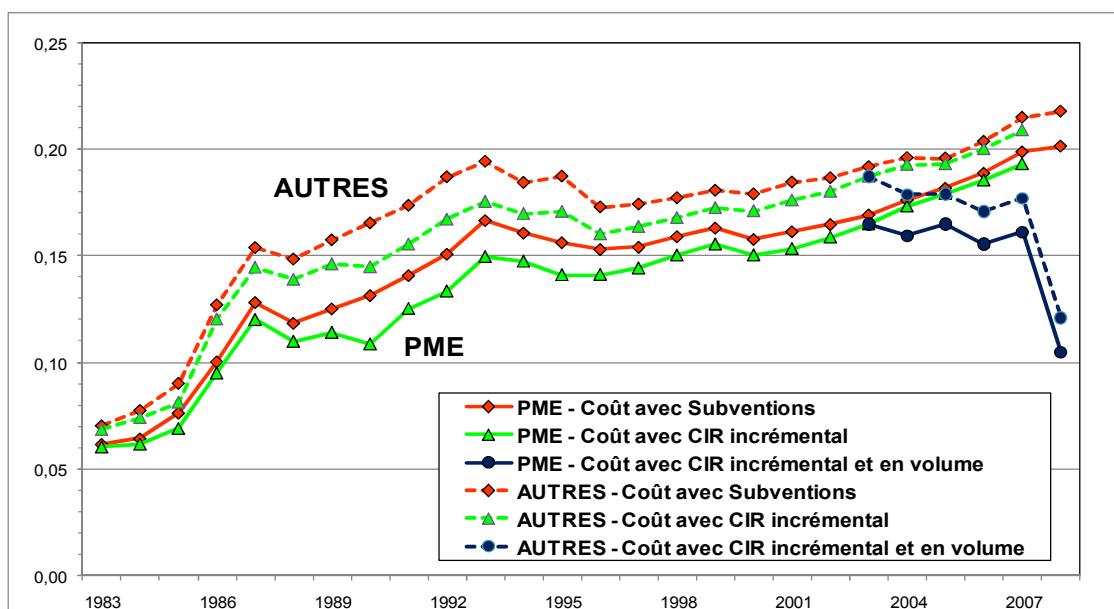
$$\frac{C^{CIR} - C^{SUBV}}{C^{SUBV}} = -\frac{0,30}{1 - 0,344} = -0,457 = -45,7\%$$

Le CIR réduit le coût de la R&D réalisée par l'entreprise. Comme le coût de la R&D déductible de la base taxable est le coût avant CIR, l'entreprise profite également d'une réduction de ses impôts sur la part de la R&D financée par le CIR. La réduction de la base taxable ne concerne pas uniquement les dépenses de R&D financées directement par l'entreprise, mais la totalité des dépenses de R&D total hors subventions, y compris celles financées par le CIR. En conséquence, l'effet du CIR sur le coût de la R&D pour l'actionnaire (- 46 %) est plus important que le taux nominal du CIR (30 %).

Il n'y a pas de différences marquantes dans les évolutions du coût d'usage du capital selon la taille des entreprises. Si on considère 2 groupes d'entreprises, selon que leur emploi est inférieur à 250 salariés (PME) ou supérieur à 250 salariés (AUTRES), ces dernières ont structurellement un coût d'usage du capital R&D plus important que l'on prenne en compte ou non le CIR (Graphique 4). Ce coût évolue de manière identique pour les deux types d'entreprises, mais toujours à un niveau plus faible en moyenne pour les « PME »

Graphique 4 : Evolution du coût d'usage du capital R&D selon la taille des entreprises

PME et entreprises de plus de 250 salariés, Moyennes en Euros 1983 - 2007



Note de lecture : En 2008, le coût annuel moyen d'un euro de R&D est en moyenne pour une « PME » de 10,5 centimes d'euros, contre 11,5 centimes d'euros pour les « autres » entreprises.

L'effet de la réforme de 2008 est identique pour les 2 catégories d'entreprises comme l'indique le Tableau 2 ci-dessous. L'effet du nouveau système du CIR en volume réduit le coût

d'usage d'une unité de R&D de 9,7 centimes d'euro en moyenne alors que la réduction de coût avec l'ancien système, combinant CIR incrémental et CIR en volume, était en moyenne de 3,8 centimes d'euros.

Alors que l'effet du CIR incrémental jusqu'en 2007 était sensiblement égal pour les 2 catégories d'entreprises, l'introduction du CIR en volume en 2004 réduit davantage le coût de la R&D dans les PME que dans les grandes entreprises. La réforme du CIR de 2008 profite à toutes les entreprises, avec une réduction du coût de la R&D de 19 % en 2007 à 48 % en 2008 pour les PME, contre une réduction de 18 % en 2007 à 45 % en 2008 pour les entreprises plus importantes.

Tableau 2 : Effet de la réforme 2008 sur le coût d'usage du capital R&D en fonction de la taille des entreprises
Moyennes sur l'échantillon

	PME		AUTRES	
	en 2007	en 2008	en 2007	en 2008
Coût d'usage d'une unité de capital de R&D				
Sans soutien public	0,209	0,212	0,220	0,223
Avec Subventions	0,199	0,202	0,215	0,218
Avec le CIR incrémental	0,193	-	0,209	-
Avec le CIR en volume seulement	0,167	0,105	0,183	0,121
Avec le CIR incrémental et en volume	0,161	-	0,177	-
Effet en euros				
- des subventions	-0,010	-0,011	-0,005	-0,005
- du CIR incrémental	-0,006	-	-0,006	-
- du CIR en volume seulement	-0,032	-0,097	-0,032	-0,097
- du CIR incrémental et en volume	-0,038	-	-0,038	-
Effet relatif en %				
- des subventions	-5,0%	-5,0%	-2,3%	-2,3%
- du CIR incrémental	-2,9%	-	-2,7%	-
- du CIR en volume seulement	-16,1%	-48,1%	-14,9%	-44,5%
- du CIR incrémental et en volume	-19,0%	-	-17,6%	-

4. Résultats d'estimation du modèle de demande de capital R&D

La spécification du modèle de demande de capital R&D et la méthode d'estimation sont expliquées en détail à l'Annexe 2. La spécification adoptée peut s'écrire sous forme d'un modèle de régression autorégressif et à retards échelonnés, équivalent à un modèle dynamique à correction d'erreurs avec 3 retards s'écrivant sous la forme suivante¹⁰ :

$$\begin{aligned}\Delta k_{i,t} = & \alpha_i + \eta_1 \Delta k_{i,t-1} + \eta_2 \Delta k_{i,t-2} + \xi_0 \Delta v_{i,t} + \xi_1 \Delta v_{i,t-1} + \xi_2 \Delta v_{i,t-2} \\ & + \zeta_0 \Delta c_{i,t} + \zeta_1 \Delta c_{i,t-1} + \zeta_2 \Delta c_{i,t-2} + \psi_0 \Delta CIR_{i,t} + \psi_1 \Delta CIR_{i,t-1} + \psi_2 \Delta CIR_{i,t-2} \\ & + \phi(k_{i,t-1} - v_{i,t-1} - c_{i,t-1} - CIR_{i,t-1}) + \lambda v_{i,t-1} + \lambda' c_{i,t-1} + \lambda'' CIR_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t},\end{aligned}\quad (5)$$

où la variable dépendante (Δk) est la différence logarithmique du capital R&D (K) qui mesure le taux de croissance du capital R&D. Celui-ci est une approximation du taux d'accumulation de la R&D :

$$\Delta k_{i,t} \equiv \left(\frac{R_{i,t}}{K_{i,t-1}} \right) - \delta \quad (6)$$

avec R la R&D totale en volume de l'entreprise et δ le taux de dépréciation du capital R&D.

Les variables explicatives sont les retards de la variation du capital R&D, la variation de la valeur ajoutée nominale (Δv), la variation du coût nominal de la R&D ($\Delta c = \Delta \ln(C^{SUBV})$) après subventions (mais sans le CIR), et la variation de l'effet du CIR. Cette variable (ΔCIR) mesure la variation de la réduction relative du coût de la R&D du fait du CIR¹¹ :

$$\Delta CIR_{it} = \Delta \ln \left(\frac{C^{CIR}}{C^{SUBV}} \right) \equiv \Delta \left(\frac{C^{CIR} - C^{SUBV}}{C^{SUBV}} \right). \quad (7)$$

Les dernières variables explicatives prises en niveau sont les premiers retards de la valeur ajoutée nominale ($v_{i,t-1}$), du coût du capital R&D nominal ($c_{i,t-1}$), et de l'effet du CIR ($CIR_{i,t-1}$) et le terme d'écart entre le capital R&D optimal ou terme de correction d'erreur ($k_{i,t-1} - v_{i,t-1} - c_{i,t-1} - CIR_{i,t-1}$). Ces variables explicatives en niveau peuvent se réécrire sous la forme de

$$\begin{aligned}\phi(k_{i,t-1} - v_{i,t-1} - c_{i,t-1} - CIR_{i,t-1}) + \lambda v_{i,t-1} + \lambda' c_{i,t-1} + \lambda'' CIR_{i,t-1} = & \\ = & \phi \left(k_{i,t-1} - \left[\left(1 - \frac{\lambda}{\phi} \right) v_{i,t-1} + \left(1 - \frac{\lambda'}{\phi} \right) c_{i,t-1} + \left(1 - \frac{\lambda''}{\phi} \right) CIR_{i,t-1} \right] \right) \\ = & \phi(k_{i,t-1} - k_{i,t-1}^*),\end{aligned}\quad (8)$$

¹⁰ Les variables en minuscules représentent le logarithme naturel des variables en majuscules.

¹¹ Cet effet du CIR a été développé dans l'expression (4) ci-dessus.

montrant que les élasticités de long terme du capital R&D à la demande (θ^{LT}), au coût du capital (hors CIR) ($-\sigma^{LT}$) et à l'effet du CIR ($-\psi^{LT}$) sont respectivement :

$$\theta^{LT} = 1 - \frac{\lambda}{\phi}, \quad -\sigma^{LT} = 1 - \frac{\lambda'}{\phi} \quad \text{et} \quad -\psi^{LT} = 1 - \frac{\lambda'}{\phi}. \quad (9)$$

4.1. Régressions sur l'ensemble de la période et sur la période 2004-2007

Le Tableau 3 présente l'estimation du modèle pour l'ensemble de la période 1981-2007 et pour les années d'introduction du CIR en volume (2004 – 2007). Les régressions sont globalement satisfaisantes avec un coefficient de détermination (ajusté pour les degrés de liberté) de plus de 60 %. Malgré un nombre d'observations plus faible pour la période récente, l'ajustement de la régression est un peu meilleur. Cependant, l'ajustement dynamique est très lent pour l'ensemble de la période (1981-2007) : seulement 10 % de l'écart entre le stock de capital R&D observé et le stock optimal est comblé en une année comme l'indique le paramètre de correction de l'erreur (ϕ). Sur la période plus récente (2004-2007), l'ajustement paraît plus rapide avec un paramètre de correction d'erreur qui triple: près d'un tiers de l'écart entre le stock observé et le stock optimal de capital R&D est résorbé au cours d'une période.

Les résultats complets de l'estimation sont présentés dans le tableau A5 de l'annexe 5, le Tableau 3 présentant les seuls paramètres d'élasticités de long terme de la demande, du coût du capital R&D hors CIR, et de l'effet spécifique du CIR. L'effet du CIR qui mesure la réduction du coût de la R&D pour l'entreprise lorsqu'elle utilise le CIR est celui qui nous intéresse particulièrement. Le Tableau 3 montre également le paramètre de correction d'erreur qui caractérise la vitesse d'ajustement à une situation d'équilibre.

L'effet de la demande est très significatif dans les deux estimations, même s'il se réduit fortement dans la période 2004-2007 plus récente. On trouve ainsi qu'en moyenne, pour une croissance de 1 % de la valeur ajoutée de l'entreprise, le capital R&D désiré augmente 0,6 % si on considère l'ensemble de la période, tandis qu'il augmente de 0,3 % pour la période récente.

Le paramètre d'élasticité de long terme du coût du capital R&D hors CIR n'est jamais significatif, et paraît même positif pour la seconde période. On peut penser que le coût du capital R&D hors CIR est mal mesuré au niveau de l'entreprise car on n'a pas suffisamment d'informations pour connaître le taux de rendement individuel qui entre dans sa composition. De même le taux effectif de taxation que subit l'entreprise peut varier fortement d'une entreprise à l'autre, ce que nous ne mesurons pas ici. Les subventions à la R&D qui ne touchent qu'un nombre réduit d'entreprises ne permettent pas de caractériser suffisamment de différences entre les entreprises pour que son effet soit significatif dans les régressions.

**Tableau 3 : Estimations des élasticités de long terme
1981-2007 et 2004 - 2007**

PERIODE	1981 - 2007	2004 - 2007
Nombre d'entreprises	3 995	2 178
Nombre d'observations	27 568	6 500
Ecart-type de l'erreur	0.0676	0.0656
R ² ajusté	0.6054	0.6947
ELASTICITES DE LONG TERME		
Valeur ajoutée	0.626*** (0.026)	0.328*** (0.036)
Coût du capital hors CIR	-0.038 (0.026)	0.071 (0.044)
CIR	-0.399** (0.190)	-0.483*** (0.159)
Paramètre de correction d'erreur	-0.109*** (0.004)	-0.327*** (0.016)

Estimation intra-individuelle par période.

Ecart-type robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.

*** : significatif à 1%, ** : significatif à 5%, * : significatif à 10%.

L'effet du CIR est en revanche significativement négatif dans les deux régressions : une augmentation du CIR réduit le coût d'usage du capital de la R&D, entraînant une augmentation du stock de capital R&D désiré par l'entreprise et de sa R&D à long terme. L'effet est légèrement plus fort, mais de façon statistiquement non significative, pour la période récente (2004-2007). Si on prend le coefficient estimé sur cette période, l'introduction du CIR en volume à un taux de 10 % (à partir de 2006) au lieu de 5% a entraîné une diminution du coût d'usage de la R&D de 14%, correspondant à une augmentation à long terme sur le capital R&D et sur la R&D d'environ 6,7 %. Notons qu'il se peut qu'à court terme la R&D augmente plus (moins) rapidement pour permettre un ajustement plus (moins) rapide du stock de capital R&D initial vers ce niveau supérieur optimal de capital R&D.

4.2. Régressions selon la taille de l'entreprise pour 2004-2007

Une hypothèse simplificatrice importante du modèle est celle d'une homogénéité, au terme d'erreurs près, du comportement des entreprises. Les effets estimés sont donc des effets moyens. On peut s'attendre néanmoins à une hétérogénéité des différences notamment selon leur taille. Pour l'étudier, nous avons effectué deux régressions sur la période récente (2004-2007) pour deux sous-échantillons d'entreprises basés sur leur taille moyenne mesurée par leur emploi salarié moyen sur cette période : les PME et les grandes entreprises de plus de 250

salariés en moyenne¹². Le Tableau 4 présente les estimations de long terme, et le Tableau A6 dans l'Annexe 5 documente les estimations détaillées.

Tableau 4 : Estimations des élasticités de long terme pour deux classes de taille d'entreprises, 2004 - 2007

TAILLE	ENSEMBLE	MOINS DE 250 SALARIES	PLUS DE 250 SALARIES
Nombre d'entreprises	2 178	1 521	657
Nombre d'observations	6 400	4 299	2 201
Nombre moyen d'années	2.94	2.82	3.35
Taux de croissance moyen du capital R&D et écart-type	0.057 0.119	0.070 0.122	0.031 0.108
Ecart-type de l'erreur	0.0656	0.0672	0.0615
R ² ajusté	0.6947	0.6960	0.6740
ELASTICITES DE LONG TERME			
Valeur ajoutée	0.328*** (0.036)	0.347*** (0.044)	0.304*** (0.065)
Coût du capital hors CIR	0.071 (0.044)	0.040 (0.045)	0.210 (0.131)
CIR	-0.483*** (0.159)	-0.423** (0.174)	-0.663 (0.416)
Paramètre de correction d'erreur	-0.327*** (0.016)	-0.361*** (0.019)	-0.258*** (0.030)

Période : 2004 - 2007, Estimation intra-individuelle.

Ecart-type robuste à l'hétérosécédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.

*** : significatif à 1%, ** : significatif à %, * : significatif à 10

Test F d'égalité des paramètres : 4.0004 [0.0000]

La croissance du stock de capital R&D est en moyenne moitié moindre pour les entreprises de grande taille (3,1 %) que celle des PME (7,0 %). Les deux régressions, bien que statistiquement différentes, sont très comparables si on tient compte du fait que le nombre d'observations est deux fois plus faible pour les entreprises de plus de 250 salariés que pour

¹² Les entreprises sont classées sur la base de leur emploi salarié moyen. Ainsi une entreprise n'appartient qu'à un seul des sous-échantillons, même si elle franchit le seuil des 250 salariés au cours de la période. Des régressions basées sur l'emploi salarié de l'année, plutôt que l'emploi moyen, ne modifient pas qualitativement les résultats reportés dans le Tableau 4.

les PME -ce qui implique une perte de précision des paramètres estimés pour les grandes entreprises¹³.

Le paramètre de correction d'erreur est néanmoins légèrement plus important pour les PME que pour les grandes entreprises, indiquant un ajustement au stock de capital R&D optimal plus rapide pour les PME. Celles-ci seraient plus réactives et auraient plus de facilités à ajuster leur R&D que les grandes entreprises.

A long terme, l'effet de la demande est sensiblement identique pour les deux classes d'entreprises avec une élasticité relativement faible de la demande. Le coût du capital hors CIR reste non significatif statistiquement pour les PME et pour les grandes entreprises, bien qu'il apparaisse plus élevé pour ces dernières.

L'effet du CIR est aussi plus important pour les grandes entreprises, bien qu'il devienne non significativement différent de zéro. Ce résultat peut être dû à une très forte hétérogénéité du sous-échantillon des grandes entreprises, ou à un nombre plus faible d'observations dans ce groupe. Néanmoins, on ne peut exclure que les grandes entreprises soient devenues effectivement plus sensibles à l'incitation fiscale du CIR au cours de la période 2004 – 2007 par rapport aux plus petites entreprises. L'introduction d'une fraction du CIR en volume, et sa prépondérance, dans la période d'estimation 2004 – 2007 a pu en effet davantage profiter à de grandes entreprises dont les dépenses de R&D sont importantes et assez stables qu'aux PME où elles sont plus fluctuantes¹⁴.

4.3. Régressions avec des paramètres variables selon la taille de l'entreprise

Comme il y a une forte hétérogénéité de l'effet du CIR selon la taille de l'entreprise, et selon les périodes, nous effectuons une régression avec des effets variables à long terme selon la taille de l'entreprise et la période considérée. Les paramètres de long terme, y compris celui du CIR, sont différents selon 3 sous-périodes : 1981–1990, 1991–2003, 2004–2007. Ils sont également fonction quadratiquement de la taille de l'entreprise, mesurée par le logarithme du nombre de salariés¹⁵. Nous avons donc une interaction entre la période et la taille pour tous les effets de long terme.

¹³ Même si les résultats entre les deux classes d'entreprises ne sont pas très contrastés, un test F de stabilité des paramètres du modèle entre les 2 sous-échantillons ($F = 4.00$) montre que cette hypothèse est ici clairement rejetée. Les 2 classes d'entreprises ont des paramètres différents.

¹⁴ Ce problème peut aussi s'expliquer par la sélection des entreprises dans notre échantillon. Les dépenses de R&D proviennent de l'enquête R&D du MESR. Or celle-ci est exhaustive pour les entreprises faisant beaucoup de R&D, alors qu'il y a un échantillonnage pour les entreprises faisant peu de R&D (le seuil ayant varié au cours du temps). On a donc de nombreuses observations manquantes pour ces dernières, sans que l'on sache si cela est dû à une absence de R&D pendant une année ou bien à une non-interrogation de l'entreprise. Du fait qu'il nous faut au moins 5 années d'observations consécutives pour une entreprise, nous éliminons pour cause de données intermittentes nombre de ces entreprises de notre échantillon.

¹⁵ On modélise l'effet de la taille par une fonction translog des effectifs de l'entreprise qui dépend du logarithme des effectifs et de son carré. Ainsi on peut avoir un effet de la taille non-linéaire.

Les résultats détaillés des estimations sont donnés dans le Tableau A7 de l'Annexe 5. Ce modèle comporte beaucoup de paramètres : les 12 paramètres de la dynamique d'ajustement de court terme supposé constants pour toutes les périodes et toutes les entreprises, mais aussi les 27 paramètres qui caractérisent les effets de long terme qui diffèrent selon les 3 sous-périodes et selon la taille de l'entreprise. Le Tableau 5 ci-dessous présente seulement les élasticités de long terme à la demande, au coût de la R&D et à l'effet du CIR pour la sous-période la plus récente (2004-2007) où le CIR incrémental et le CIR en volume coexistent. Ces élasticités varient comme une fonction quadratique de l'emploi de l'entreprise. En conséquence le calcul de ces élasticités est réalisé pour quelques valeurs typiques de l'emploi, tout en sachant que l'évolution de ces élasticités est continue selon la taille de l'entreprise.

Tableau 5 : Estimations avec élasticités de long terme variables suivant la taille des entreprises sur la période 2004 – 2007

Effectifs	Valeur ajoutée		Coût du capital hors CIR		CIR	
	Elasticité	Ecart-Type	Elasticité	Ecart-Type	Elasticité	Ecart-Type
50	0.527***	(0.041)	-0.097*	(0.057)	0.134	(0.260)
100	0.536***	(0.039)	-0.088	(0.055)	0.007	(0.250)
250	0.550***	(0.036)	-0.074	(0.054)	-0.189	(0.250)
500	0.562***	(0.035)	-0.062	(0.055)	-0.359	(0.263)
1 000	0.575***	(0.034)	-0.048	(0.056)	-0.547*	(0.305)
2 000	0.589***	(0.033)	-0.034	(0.057)	-0.754*	(0.391)
5 000	0.609***	(0.032)	-0.012	(0.060)	-1.056*	(0.579)
10 000	0.625***	(0.034)	0.006	(0.064)	-1.306*	(0.775)

Note : Les élasticités estimées varient de manière continue avec les effectifs totaux de l'entreprise. On présente ici ces élasticités pour les 9 niveaux d'effectifs suivants : 50, 100, 250, 500, 1 000, 2 000, 5 000 et 10 000 salariés respectivement.

Estimation intra-individuelle avec paramètres variables par période et par taille
Ecart-type robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.
*** : significatif à 1%, ** : significatif à 5%, * : significatif à 10%.

L'effet de long terme de la demande et du coût du capital R&D hors CIR n'est pas très différent d'une période à l'autre. Il reste très proche de 0,55 pour une entreprise de taille médiane avec 250 salariés, et de -0,07 pour le coût du capital R&D hors CIR¹⁶. On ne constate pas ici l'atténuation de l'effet de la demande sur la dernière période que l'on avait précédemment. En revanche, l'élasticité de long terme de la demande semble augmenter avec la taille de l'entreprise, mais cela reste dans l'intervalle de confiance de cet effet. L'effet du coût du capital R&D hors CIR n'est quant à lui, comme précédemment, pas significativement différent de zéro pour toutes les entreprises au niveau de confiance de 10%, même s'il apparaît légèrement négatif pour la plupart d'entre elles.

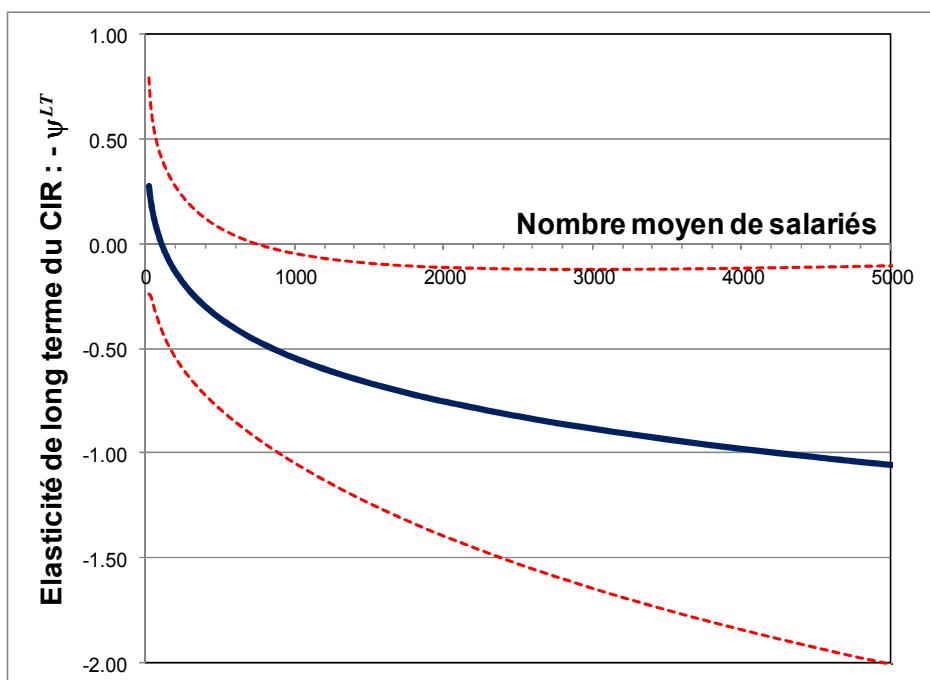
¹⁶ On parle ici d'entreprise médiane parce que la médiane de l'emploi dans notre échantillon est de 237 salariés, qu'on arrondit à 250. Il y a sur l'ensemble de la période 1981-2007, 46 % d'entreprises de plus de 250 salariés.

Pour une entreprise « médiane » avec 250 salariés, le calcul de l'effet de long terme du CIR ($-\psi^{LT} = 1 - \lambda''/\phi$) montre une forte atténuation dans le temps : il passe de -0,91 pour la première période 1981-1990 lors de l'introduction du CIR incrémental, à -0,66 pour la seconde période du CIR incrémental 1991-2003¹⁷. Ces deux effets sont significativement différents de zéro au niveau de 5%. En revanche l'effet n'est plus significatif lors de la dernière période avec l'introduction du CIR en volume, de 2004 à 2007, parce qu'il s'est fortement réduit en tombant à -0,19, alors que son écart-type est de 0,25. Cet effet paraît ainsi moins efficace sur cette période pour l'entreprise « médiane ».

Le Graphique 5 permet cependant de préciser la variation de cet effet selon la taille de l'entreprise sur la période récente autour de sa valeur pour l'entreprise « médiane ». Il est de plus en plus élevé avec la taille de l'entreprise. Le CIR paraît, comme précédemment mais maintenant de façon significative, plus efficace pour les grandes entreprises que pour les plus petites. Il disparaît et deviendrait même négatif pour les entreprises de moins de 100 salariés, alors qu'il paraît significatif (au niveau de confiance de 10 %) pour les entreprises de plus de 800 salariés. Cette élasticité de long terme du CIR est même supérieure à l'unité pour les entreprises de plus de 4 000 salariés.

Graphique 5 : Elasticité de long terme du CIR selon la taille de l'entreprise.

Sur la base de l'estimation à paramètres de long terme variables en fonction de la taille de l'entreprise, 2004 – 2007 (intervalle de confiance à 90 % en pointillés)



Note de lecture. Pour les entreprises de plus de 100 salariés, la réduction du coût de la R&D due au CIR a un effet positif sur le capital R&D. Cet effet estimé augmente avec la taille de l'entreprise, mais avec une assez large imprécision. Une entreprise de 5 000 salariés a un effet estimé du CIR à long terme de -1,1, mais néanmoins avec 90% de chance que la vraie valeur soit comprise entre -0,1 et -2,0 .

4.4. Commentaires sur l'effet du CIR selon la taille de l'entreprise

¹⁷ Ce calcul est effectué avec les paramètres présentés dans le Tableau A.5.3 de l'Annexe 5.

Les résultats présentés ci-dessus (4.2 et 4.3) sur les différences entre les estimations de l'effet à long terme du CIR suivant la taille des entreprises peuvent paraître quelque peu contradictoires à première vue. On peut toutefois esquisser une explication de la disparition de l'effet du CIR dans le cas des PME, ainsi que des différences de précision des estimations entre ces deux tests.

On peut d'abord penser que le modèle de demande de R&D tel qu'il a été spécifié s'applique mieux aux grandes entreprises qu'aux PME. Il paraît en effet plus difficile pour ces dernières d'appréhender le coût économique de la R&D avec une actualisation de leurs bénéfices futurs dans le cadre d'une stratégie de maximisation de la valeur de l'entreprise. Mais il paraît surtout probable que le CIR peut influencer davantage la décision de commencer une activité de R&D pour les PME qui n'en font pas, plutôt que celle d'accroître le montant de la R&D pour celles qui en font déjà. Notre modèle ne permet pas d'appréhender empiriquement ce phénomène d'entrée ou de sortie de l'activité de R&D car nos estimations ne concernent que les entreprises investissant en R&D de manière continue pendant au moins 5 ans. Cette contrainte essentiellement « technique » élimine de notre échantillon un grand nombre de petites entreprises qui entreprennent de la R&D ou qui en effectuent de manière intermittente (voir l'annexe 3). C'est d'autant plus le cas qu'au cours des années récentes, de nombreuses petites entreprises se sont mises à utiliser le CIR (MESR 2010, 2011). Essayer d'étudier la décision de commencer à investir en R&D soulève en effet de grandes difficultés, notamment en ce qui concerne la disponibilité de données nécessaires, et une telle étude devrait faire l'objet d'une étude spécifique. L'effet des relèvements du plafond du CIR qui va de pair avec l'introduction du CIR en volume au cours de la période 2004-2007, peut également expliquer l'effet plus important du CIR pour les grandes entreprises qui mènent des activités de R&D importantes et relativement stables¹⁸.

Les résultats de l'estimation d'un modèle avec des paramètres variant selon la taille de l'entreprise doivent donc être considérés comme très préliminaires. L'évaluateur aimeraient se limiter à la période la plus récente 2004-2007 de coexistence du CIR incrémental et du CIR en volume pour commencer à appréhender l'effet de ce dernier après la réforme de 2008. Mais le nombre d'observations serait fortement restreint, particulièrement pour les grandes entreprises. C'est le cas dans la sous-section 4.2. où on a choisi de classer les entreprises en 2 groupes selon un seuil de 250 salariés et où le faible nombre d'observations pour les grandes entreprises de plus de 250 salariés suffit à expliquer que l'estimation de l'effet du CIR pour ce groupe soit non significatif, bien qu'il reste plus élevé que pour les PME. Pour éviter le découpage en deux groupes et le choix assez arbitraire d'un seuil de 250 salariés, on a tenté dans la section 4.3 de modéliser et d'estimer des effets variables continuement de la taille sur les élasticités de long terme. Ce n'est toutefois pas possible sur la seule sous-période 2004-2007 en raison d'un nombre insuffisant d'observations et l'estimation a dû être étendue à l'ensemble de la période. Nous avons dû aussi choisir, de façon quelque peu arbitraire, de conserver des paramètres d'ajustement de court terme constants, pour avoir des paramètres de long terme pouvant différer entre les trois sous-périodes 1981-1990, 1991-2003 et 2004-2007. On trouve que l'effet du CIR sur la période 2004-2007 augmente clairement avec la taille de l'entreprise, mais apparaît alors non-significatif pour les PME, et ne devient significatif que pour les plus grandes entreprises.

¹⁸ D'ailleurs très peu d'entreprises ont été affectées par le plafond du CIR au cours de la période 2004-2007 avec un doublement du plafond de 8 M€ en 2004 à 16 M€ en 2007. Cela d'autant plus qu'une optimisation de la R&D à travers les filiales d'un groupe permet à celui-ci d'obtenir un CIR plus grand du fait que le plafonnement du CIR s'applique à chaque filiale séparément.

Au total, les deux tentatives d'estimation des effets du CIR suivant la taille des entreprises conduisent à des résultats cohérents si l'on tient compte des différences de spécification induisant une inégale précision de ces effets pour les grandes entreprises et pour les PME. De même que les autres tentatives que nous avons réalisées, ils tendent à suggérer que l'effet du CIR est plus important sur la période la plus récente 2004-2007 pour les premières que pour les secondes, alors qu'on remarquait l'inverse sur les périodes plus lointaines.

Ces conclusions demandent à être confirmées sur une plus longue période d'estimation, ce qui ne deviendra possible que lorsque les données nécessaires seront disponibles pour au minimum moins les deux années 2008 et 2009, et que l'on pourra aussi tenir compte de l'effet du CIR sur la décision d'engager une activité de R&D notamment pour les PME.

5. Une simulation ex ante des effets de la réforme de 2008

Sur la base des estimations des régressions avec élasticités de long terme variables selon la taille et la période présentées dans la sous-section 4.3., nous effectuons une simulation de la demande future par les entreprises de leur stock de capital R&D ($K_{i,t}^*$) des entreprises, et partant de leur demande de R&D ($R_{i,t}^*$) avec :

$$R_{i,t}^* = K_{i,t}^* + \delta K_{i,t-1} \quad (10)$$

Nous partons d'une simulation de référence où la demande, les coûts et le système du CIR restent identiques à leurs valeurs de 2007 pour les années suivantes. Nous simulons alors pour chaque entreprise présente en 2007 une trajectoire de base pour la R&D qu'elle effectuerait dans cet environnement stationnaire. Nous faisons ainsi l'hypothèse qu'il n'y a aucune entrée et aucune sortie de notre échantillon pour les années de simulation, et restons donc avec les 1 319 entreprises dans notre échantillon en 2007, ce qui représente 53 % de la R&D totale effectuée par les entreprises françaises.

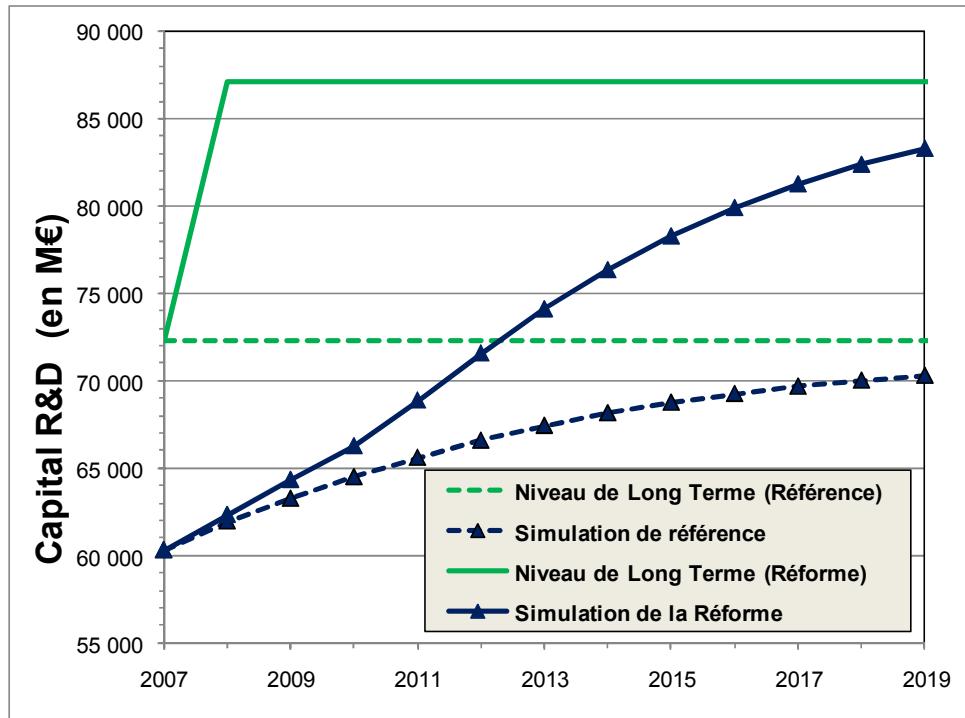
Nous effectuons ensuite pour les mêmes entreprises, une seconde simulation pour les années postérieures à 2007, prenant en compte les effets de la réforme de 2008 dans le calcul du CIR dont bénéficient les entreprises et de ses effets en fonction des élasticités de court et long terme estimées sur les années antérieures (donc en supposant qu'elles restent inchangées à ce qu'elles sont sur les années récentes 2004-2007). La comparaison de ces deux simulations sans et avec la réforme nous fournit ainsi une évaluation ex ante des effets de cette réforme sur le capital de R&D, le niveau de R&D et le montant du CIR pour chaque entreprise, et par sommation sur les 1 319 entreprises dans notre échantillon en 2007.

Le Graphique 6 montre l'évolution du capital R&D pour ces 1 319 entreprises. Alors que le niveau du capital R&D effectif était de 60,3 G€ en 2007 et inférieur au capital optimal de long terme avant la réforme de 72,2 G€, il rattrape d'abord celui-ci, augmentant ainsi de 11,9 G€ (20 % du capital initial en 2007) ; il converge ensuite vers le capital optimal après la réforme de 87,1 G€, augmentant encore de 14,9 G€ (25 % du capital initial en 2007, ou encore 20,51 % du capital optimal en 2007 avant réforme) du fait de l'abaissement du coût d'usage de la R&D en raison de la réforme de 2008. Il y a donc un effet sensible du CIR sur le capital recherche des entreprises. L'ajustement paraît cependant très long : l'écart entre la simulation de référence et la simulation de la réforme ne devient perceptible qu'après 2 ou 3 ans. Même dans un environnement stationnaire, 12 ans après la réforme, soit en 2019, il y a encore un écart de 4 G€ (5 %) entre le capital optimal de R&D désiré par les entreprises et le capital simulé.

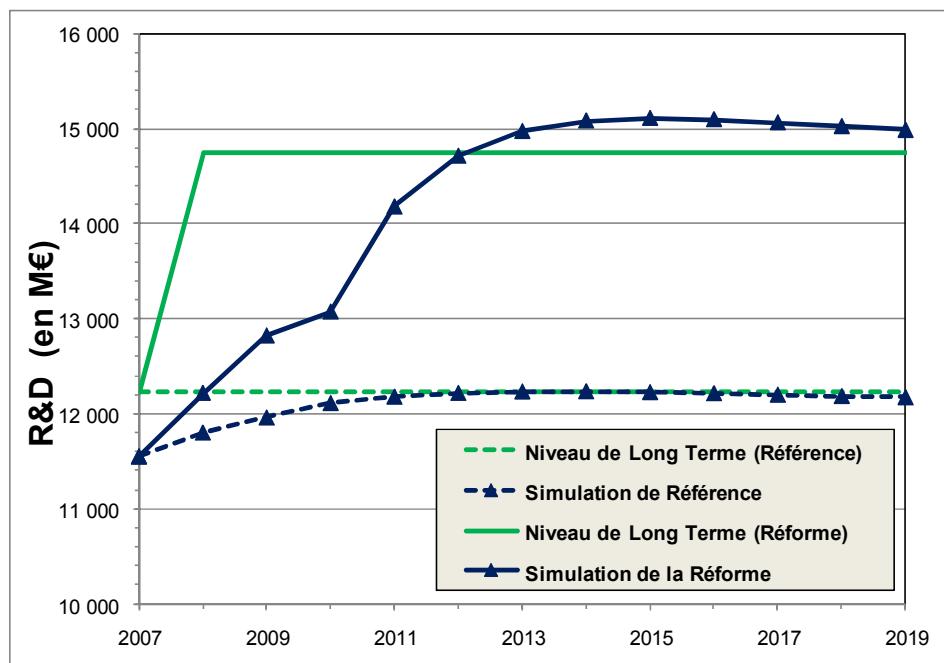
Les effets d'ajustement et de convergence sur la R&D sont comparables dans les simulations du Graphique 7. La R&D optimale à long terme avant la réforme était de 12,2 G€ pour une R&D observée en 2007 de 11,5 G€. En l'absence de réforme, cet écart est comblé assez rapidement : en 2012, il n'y a quasiment pas d'écart entre la R&D optimale et la R&D simulée. La réforme 2008 du CIR augmente sensiblement le capital R&D optimal. A long terme, la R&D optimale augmente dans la même proportion que le capital de R&D optimal, soit 20,5 %, en passant de 12,2 G€ à 14,7 G€. La R&D simulée augmente plus vite avec la réforme que dans la situation de référence. Elle est même supérieure à son niveau optimal à

partir de 2013, 5 ans après la réforme, afin de permettre de rejoindre le capital R&D optimal. Après un maximum en 2015 avec 15,1 G€, elle se contracte légèrement pour retrouver son niveau d'équilibre de long terme, qui correspond au remplacement du stock de R&D déprécié.

Graphique 6 : Evolution simulée du capital R&D après la réforme de 2008, M€



Graphique 7 : Evolution simulée de la R&D après la réforme de 2008, M€



Le Tableau 6 présente la variation de la R&D et du CIR entre la simulation de référence (benchmark) et la simulation de la réforme. On obtient ainsi la différence du stock de capital et de la R&D totale pour l'ensemble des 1 319 entreprises de notre échantillon en 2007. Cela nous permet de calculer un multiplicateur implicite du CIR comme le ratio de l'écart de R&D sur l'écart de CIR par rapport à la simulation de base¹⁹. La simulation de la réforme du CIR de 2008 prend plusieurs années avant d'être pleinement efficace sur la R&D des entreprises. Par rapport à la simulation de base, la R&D globale des entreprises de notre échantillon augmente de 4% la première année, puis de 7 – 8 % après 2 et 3 ans avant d'atteindre une hausse de 16 % 4 ans après la réforme en 2011. Ensuite la R&D se stabilise autour de 22 % d'augmentation par rapport à la simulation de base.

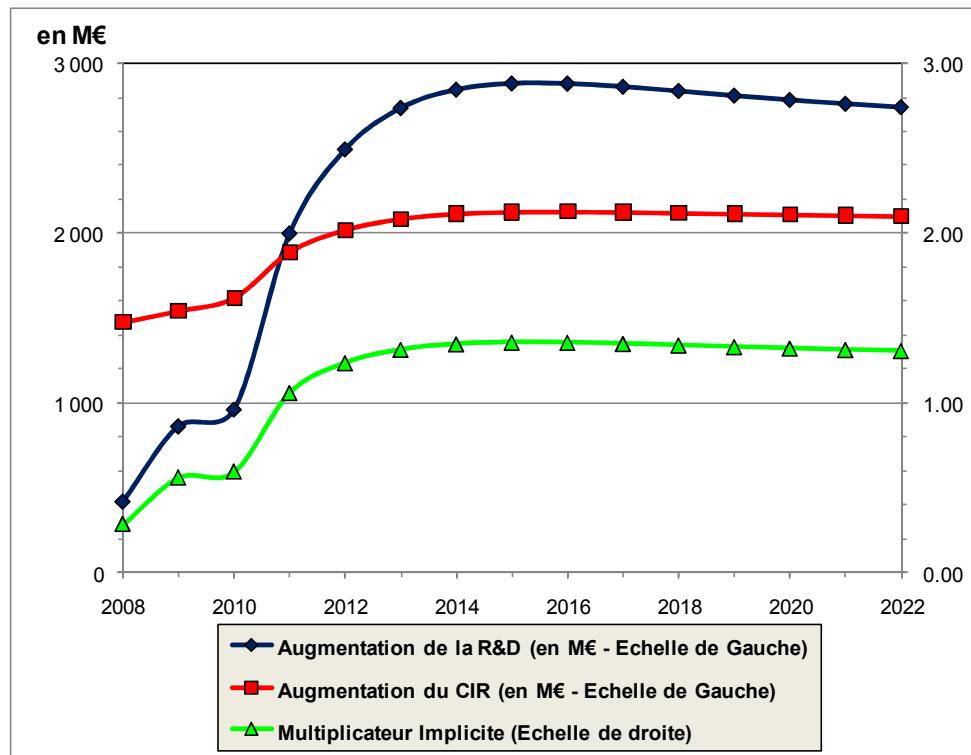
Tableau 6 : Augmentation des dépenses de R&D après la réforme de 2008 :
scénario simulé par rapport au scénario de référence
Ensemble de l'échantillon

	Augmentation de la R&D (en M€)	Augmentation de la R&D (en %)	Accroissement du CIR (en M€)	Multiplicateur implicite de l'augmentation du CIR
	A	B	C	D = A / C
2008	417	4%	1 474	0.28
2009	861	7%	1 542	0.56
2010	960	8%	1 620	0.59
2011	1 998	16%	1 890	1.06
Moyenne annuelle 2012 - 2015	2 740	22%	2 086	1.31

Comme le montrent la dernière colonne du Tableau 6 et le Graphique 8, le multiplicateur implicite de l'effet du CIR suit le même profil en démarrant à 0,3 en 2008, puis il atteint un palier vers 0,6 en 2009 et 2010, avant de dépasser l'unité en 2011 et de se stabiliser à long terme à une valeur supérieure à l'unité (1,3). À long terme, il y a donc un impact sur le montant de R&D supérieur au coût du CIR. Cet effet multiplicateur est au total fort notable. Même s'il apparaît inférieur à 1 pendant les trois premières années de la réforme, son effet sur la R&D des entreprises est nettement positif.

¹⁹ Cette mesure est appelée "multiplicateur implicite" parce qu'elle indique si la réforme du CIR entraîne plus de R&D que son coût budgétaire direct. Il s'agit d'une analyse partielle et on ne peut pas le considérer comme un multiplicateur keynésien classique de dépense publique parce que nous ne tenons pas compte de l'augmentation de la production qui serait due à la R&D supplémentaire par un effet de demande globale, ni un effet d'amélioration de la compétitivité des entreprises du fait de leurs découvertes et innovations (effet d'offre globale). De ce fait, le multiplicateur implicite doit donc être considéré comme une valeur minimale de l'impact.

**Graphique 8 : Augmentation des dépenses de R&D après la réforme de 2008 :
scénario simulé, scénario de référence et multiplicateur implicite de l'accroissement du
CIR**
Sur l'ensemble de l'échantillon



Il convient de prendre ces premiers résultats avec beaucoup précaution, au regard notamment de l'incertitude et l'imprécision des estimations sur lesquelles sont fondées nos simulations. Comme nous l'avons déjà souligné ils méritent d'être approfondis dès qu'on disposera des données permettant un recul suffisant sur la réforme.

6. Conclusions

La présente étude s'attache à estimer l'élasticité-prix du capital R&D qui permet de quantifier l'effet du crédit d'impôt recherche sur la R&D des entreprises en France. Elle mesure tout d'abord, l'effet du CIR sur le coût de la R&D (ou coût d'usage du capital de R&D). Cet effet a eu tendance à augmenter fortement : lorsque l'on tient compte de la législation fiscale, et de celle du CIR au premier chef, mais aussi de l'évolution des taux d'intérêt et des subventions à la R&D, le coût d'usage d'un euro de R&D est passé ainsi de 6 centimes d'euros en moyenne au début des années 1980 à 21 centimes d'euros en 2007.

L'élasticité-prix du capital R&D estimée sur l'ensemble d'un très large échantillon d'entreprises faisant de la recherche est de 0.4 : ce qui veut dire qu'une baisse du coût de la R&D de 10 % entraîne une hausse du capital R&D optimal des entreprises de 4 % et une convergence progressive de leurs dépenses de R&D vers un niveau supérieur de 4 %. L'ajustement des dépenses de R&D suite à un choc sur la demande de biens adressée à l'entreprise et/ou à une modification du CIR qui abaisse le coût de la R&D paraît cependant assez lent. Ce délai d'ajustement peut être en partie expliqué par des problèmes difficiles d'estimation et de spécification du modèle économétrique mis en œuvre qu'il conviendrait encore d'approfondir.

Les estimations des effets de long terme et de la dynamique d'ajustement sont utilisées pour évaluer *ex ante* les effets de la réforme du CIR de 2008 au moyen d'une simulation des comportements des entreprises de l'échantillon en 2007. La réforme abandonne le CIR incrémental pour un seul CIR en volume avec deux taux : un taux normal du CIR de 30 % pour une R&D inférieure à 100 M€ et un taux de 5 % pour la R&D supérieur à ce seuil. Ce mode de calcul réduit le coût de la R&D de plus de 30 % par rapport au système du CIR prévalant jusque là. Cette baisse du coût de la R&D a un effet positif sur le capital R&D qui augmente globalement à long terme de 21 %. Les dépenses de R&D augmentent aussi très progressivement dans le temps, après un démarrage timide au cours des premières années. Même en ne prenant qu'un échantillon constant d'entreprises, sans entrées, ni sorties, l'effet global dépasse après 5 ans l'augmentation de la dépense fiscale que représente le CIR.

Lorsque les données seront disponibles sur une période plus longue, on pourra comparer les résultats de ces simulations avec les données réelles observées sur les entreprises tant dans l'enquête R&D que dans les déclarations des entreprises au CIR. Cela devrait permettre d'ajuster les simulations, notamment pour prendre en compte la crise économique à partir de 2008.

Les résultats sont à interpréter avec prudence même s'ils semblent assez raisonnables. En effet, du point de vue économétrique, on pourrait utiliser une estimation par la méthode des moments généralisée qui pourrait mieux prendre en compte l'endogénéité des variables explicatives du modèle. Mais avec cette méthode, il est difficile de trouver des variables instrumentales pertinentes pour obtenir une précision suffisante des estimateurs et garantir l'absence de biais dans de petits échantillons. Une augmentation de la période où l'on dispose du CIR en volume (après 2004) devrait permettre d'affiner les estimations, afin de mieux calibrer les simulations de la réforme du CIR.

Dans nos estimations, le CIR semble devenir moins efficace pour les petites entreprises au cours des années récentes. Ce phénomène mérite certainement une investigation plus approfondie pour savoir si cela est dû à la moins bonne représentativité de l'échantillon pour les entreprises faisant peu de R&D ou de manière intermittente. On peut aussi avancer des effets différenciés du CIR en volume par rapport au CIR incrémental, ou encore les relèvements successifs du plafond du CIR au cours de la période 2004 - 2007.

Enfin parce que le modèle prend difficilement en compte l'effet des entrées (ou des sorties) des entreprises de l'échantillon du fait que certaines entreprises commencent des activités de R&D. La méthode nécessite au minimum cinq années consécutives de R&D pour les intégrer dans l'échantillon. De plus, le processus de décision au sein de l'entreprise qui lui fait débuter une activité de R&D peut dépendre de caractéristiques spécifiques d'entreprises, au-delà du coût de la R&D et de la production de l'entreprise, qui ne sont pas prises en compte ici. Ces déterminants de la décision de faire de la R&D devraient être étudiés dans un modèle plus complexe de la détermination de la R&D. Ce modèle serait basé sur la décision de faire de la R&D ou non et ensuite, si la décision est positive, sur le montant des dépenses de R&D de l'entreprise. Ce modèle avec un seuil ou un effet de sélection permettrait alors de voir l'effet du CIR sur les entreprises commençant des activités de R&D²⁰.

²⁰ Il semble également que certaines entreprises qui déclarent effectuer de la R&D à l'enquête R&D ne réclament pas de CIR. Ce phénomène semblait important lorsque le CIR était de nature incrémentale mais se réduit avec le passage à un CIR en volume. On peut se demander pourquoi certaines entreprises faisant de la R&D ne demandaient pas de CIR. On peut avancer quelques pistes de réflexion qui mériteraient des études statistiques: le manque d'information sur le CIR ou la nature de la R&D, la complexité du système incrémental, le report de lourds crédits d'impôts négatifs, une crainte de la vérification fiscale de la réalité de la R&D. Inversement on peut s'interroger sur les déclarations au CIR de très faibles montants de R&D ou de très faibles effectifs de chercheurs.

Annexe 1. Déivation du coût d'usage du capital R&D

Dans cette annexe, nous allons dériver la formule de calcul du coût d'usage du capital, c'est-à-dire le coût d'utilisation d'une unité du capital R&D durant une période, soit le coût de location d'un euro de R&D au cours d'une année. On peut considérer ce coût comme la différence entre une dépense de 1 € en R&D au début de l'année et sa revente à la fin de l'année sachant que cet euro de R&D produit une connaissance qui perdure durant une certaine période dans l'entreprise ou à l'extérieur.

On suppose que l'entreprise, neutre au risque, maximise sa valeur de marché V_0 qui est mesurée par la somme actualisée de ses dividendes (Div_t) présents et futurs :

$$\max V_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t Div_t \quad (\text{A.1})$$

avec le taux d'actualisation : $\beta_t = \prod_{i=0}^t (1 + \rho_i)^{-1}$ où ρ est le taux de rendement net pour l'entreprise²¹. Le dividende est défini par l'égalité entre les ressources et les emplois des flux de fonds de l'entreprise au cours de la période (équilibre du compte de résultats). Cela correspond à la différence entre deux bilans consécutifs. Pas simplicité, on supposera qu'il n'y a pas d'émissions d'actions nouvelles par l'entreprise au cours de la période. Les variations du passif de l'entreprise sont seulement dues à la variation de l'endettement d'une part, et aux bénéfices non distribués d'autre part.

$$Div_t = EBE_t - r_t D_{t-1} - TX_t - (P_t^{RD} R_t - Subv_t) + D_t - D_{t-1}$$

avec	EBE_t : Excédent brut d'exploitation r_t : Taux d'intérêt sur la dette TX_t : Impôt des sociétés D_t : Endettement total (à la fin de la période) R_t : Dépenses totales de R & D (en volume) $Subv_t$: Subventions ou aides publiques sur les dépenses de R & D Div_t : Dividendes
------	--

Les dividendes nets totaux qui correspondent aux bénéfices distribués par l'entreprise proviennent de l'excédent brut d'exploitation (EBE) après déduction des charges financières d'intérêt sur la dette ($r_t D_{t-1}$), de l'impôt des sociétés (TX_t), et des dépenses de R&D nettes des subventions reçues ($P_t^{RD} R_t - Subv_t$). On y ajoute la variation de l'endettement durant la période ($D_t - D_{t-1}$) : positive en cas d'augmentation, négative sinon.

L'impôt des sociétés est prélevé à un taux proportionnel τ sur la base de l'excédent brut d'exploitation après déduction des charges d'intérêt et du coût total de la R&D net des

²¹ En principe, il faudrait ajuster le taux de rendement pour prendre en compte le risque et l'activité de l'entreprise.

subventions²²²³. Ainsi les dépenses de R&D sont déductibles de la base taxable des entreprises. Le *CIR* qui repose sur la valeur de la R&D nette des subventions publiques est alors considéré comme une réduction de l'impôt des sociétés pour l'entreprise²⁴.

$$TX_t = \tau_t (EBE_t - r_t D_{t-1} - (P_t^{RD} R_t - Subv_t)) - CIR_t$$

Le Crédit d'Impôt Recherche est basé soit sur le montant courant de la R&D, ce que nous appelons le CIR "en volume" ou sur les augmentations de cette R&D pour un CIR incrémental ou marginal. Afin de prendre en compte les deux formes de crédits d'impôt, on peut considérer qu'il dépend des dépenses courantes et passées de R&D (nettes des subventions). En France, le CIR est calculé sur la base de la R&D nette des subventions réévaluées au prix courants²⁵ :

$$\begin{aligned} CIR_t &= \theta_0 (P_t^{RD} R_t - Subv_t) \\ &+ \theta_1 \frac{P_t^{RD}}{P_{t-1}^{RD}} (P_{t-1}^{RD} R_{t-1} - Subv_{t-1}) + \theta_2 \frac{P_t^{RD}}{P_{t-2}^{RD}} (P_{t-2}^{RD} R_{t-2} - Subv_{t-2}) \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

avec θ_i les taux nominaux de crédit d'impôt. Si $\theta_0 > 0$ et $\theta_1 = \theta_2 = 0$, le CIR portera sur la valeur totale de la R&D au cours de l'année : ce sera un CIR "en volume", alors que si $\theta_0 = -\theta_1$ et $\theta_2 = 0$, on aura un CIR incrémental ou marginal sur l'augmentation de la R&D entre les années t et $t - 1$: ce système de CIR incrémental a prévalu en France entre l'introduction du système en 1983 et 1990. Au cours de la période 1991 – 2007, le CIR était calculé sur la base de la différence entre la R&D de l'année et la moyenne de la R&D (réévaluée) des deux années précédentes avec $\theta_1 = \theta_2 = -\theta_0/2$. On peut modéliser tous les cas intermédiaires à l'intérieur de ce cadre sous la forme :

$$CIR_t = \sum_{i=0}^I \theta_i \frac{P_t^{RD}}{P_{t-i}^{RD}} (P_{t-i}^{RD} R_{t-i} - Subv_{t-i})$$

On suppose ici que les subventions accordées par les autorités publiques (Ministères, Agences gouvernementales, Collectivités locales, Union Européennes,...) sont accordées de manière exogène sans qu'on ait besoin de modéliser leur niveau. Il faut seulement que ces

²² Nous considérons ici que toutes les entreprises font face au même taux de taxation de leurs bénéfices, même s'il existe un taux d'imposition réduit pour les petites entreprises sous un seuil de chiffre d'affaires.

²³ On suppose implicitement que les subventions publiques à la R&D permettant un financement public direct de cette R&D sont un revenu taxable pour les entreprises.

²⁴ Le CIR est aussi considéré comme une réduction immédiate sur l'impôt des sociétés dû par l'entreprise. En fait, celle-ci peut ou doit payer des acomptes au cours de l'année, avant de régulariser sa situation fiscale l'année suivante au vu des résultats effectifs constatés dans ses comptes. En France, le CIR est imputé sur cette régularisation ou postposé sur les années ultérieures si l'impôt est inférieur au CIR.

²⁵ Nous ne modélisons pas les détails du système fiscal français qui ne permet pas un impôt négatif, ou le remboursement direct du CIR à l'entreprise si celle-ci a une charge fiscale inférieure au CIR. Nous ne tenons pas compte du système de report des déficits sur les années ultérieures pour éliminer la taxation des profits futurs. De plus, on ne modélise pas le report des CIR négatifs (en cas de réduction de la R&D dans un système de CIR incrémental) contre les CIR positifs au cours des 5 années suivantes au plus. Enfin, nous ne considérons pas l'effet des plafonds et des plafonds pour le calcul d'un coût du capital de recherche a priori.

subventions soient inférieures aux dépenses totales de R&D de l'entreprise. En conséquence, on peut calculer un taux de subvention exogène pour l'entreprise comme :

$$\eta_t = \frac{Subv_t}{P_t^{RD} R_t} \Rightarrow Subv_t = \eta_t P_t^{RD} R_t \Rightarrow (P_t^{RD} R_t - Subv_t) = (1 - \eta_t) P_t^{RD} R_t$$

Cela nous permet d'exprimer le CIR comme :

$$\begin{aligned} CIR_t &= \sum_{i=0}^I \theta_i \frac{P_t^{RD}}{P_{t-i}^{RD}} (P_{t-i}^{RD} R_{t-i} - Subv_{t-i}) = \sum_{i=0}^I \theta_i \frac{P_t^{RD}}{P_{t-i}^{RD}} (1 - \eta_{t-i}) P_{t-i}^{RD} R_{t-i} \\ &= \sum_{i=0}^I \theta_i (1 - \eta_{t-i}) P_t^{RD} R_{t-i} \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

Finalement, les dividendes sont donnés par l'égalité comptable entre les sources et les utilisations des fonds dans l'entreprise au cours d'une année :

$$Div_t = (1 - \tau) (EBE_t - r_t D_{t-1} - (1 - \eta_t) P_t^{RD} R_t) + D_t - D_{t-1} + CIR_t \quad (\text{A.4})$$

Le choix du niveau d'endettement est modélisé de manière très simple dans notre modèle parce qu'on ne tient pas compte d'un possible arbitrage de l'entreprise entre l'autofinancement, les emprunts nouveaux ou l'émission d'actions nouvelles sur la base de la fiscalité différente sur ces financements, de l'existence de coût de faillite, ou d'activité de signal ou de contrôle vis-à-vis des actionnaires de l'entreprise. Dès lors l'endettement de l'entreprise est supposé exogène en première approximation. Cet endettement est proportionnel à la valeur des actifs de l'entreprise, mesuré par la valeur du capital R&D à son coût de remplacement :

$$D_t = s_t P_t^{RD} K_t \quad (\text{A.5})$$

Le taux d'endettement $s_t = D_t / (P_t^{RD} K_t)$ de l'entreprise est considéré comme exogène dans notre problème. La dernière contrainte concerne l'accumulation du capital recherche. La variation brute du capital de recherche durant une période correspond aux dépenses totales de R&D de la période moins la dépréciation du stock de capital recherche à un taux constant δ :

$$\Delta K_t = K_t - K_{t-1} = R_t - \delta K_{t-1} \rightarrow K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + R_t \quad (\text{A.6})$$

En substituant les expressions pour le crédit d'impôt recherche (A.3), les dividendes (A.4), et l'endettement (A.5) dans le programme de maximisation de la valeur de l'entreprise (A.1), et en tenant compte de la contrainte d'accumulation du capital recherche (A.6), on obtient le Lagrangien généralisé du problème d'optimisation de l'entreprise avec les multiplicateurs de Lagrange λ_t de la contrainte actualisée pour la variation du stock de capital recherche :

$$\max_{\{R_t, K_t\}} V_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \beta_t \left\{ (1 - \tau_t) [P_t F_t(K_{t-1}) - r_t s_{t-1} P_{t-1}^{RD} K_{t-1} - (1 - \eta_t) P_t^{RD} R_t] + s_t P_t^{RD} K_t - s_{t-1} P_{t-1}^{RD} K_{t-1} + \sum_{i=0}^I \theta_i (1 - \eta_{t-i}) P_t^{RD} R_{t-i} - \lambda_t [K_t - (1 - \delta) K_{t-1} - R_t] \right\} \quad (\text{A.7})$$

Le prix implicite de la R&D

La condition du premier ordre pour les dépenses de R&D permet d'exprimer les multiplicateurs de Lagrange comme :

$$\begin{aligned} \lambda_t &= \left[1 - \tau_t - \underbrace{\left(\theta_0 + \frac{\theta_1}{1 + \rho_{t+1}} \frac{P_{t+1}^{RD}}{P_t^{RD}} + \frac{\theta_2}{(1 + \rho_{t+1})(1 + \rho_{t+2})} \frac{P_{t+2}^{RD}}{P_t^{RD}} \right)}_{\gamma_t} \right] (1 - \eta_t) P_t^{RD} \\ &= (1 - \tau_t - \gamma_t)(1 - \eta_t) P_t^{RD} \end{aligned} \quad (\text{A.8})$$

Ces multiplicateurs de Lagrange peuvent être interprétés comme la valeur marginale d'une unité de capital R&D à la période t qui est égale au prix de la R&D (nette de subventions), corrigée par l'effet du crédit d'impôt et de la déductibilité fiscale des dépenses de R&D²⁶. Le paramètre γ dans l'expression précédente mesure l'effet du CIR sur le coût de la R&D : le prix d'une unité de R&D (nette des subventions) est réduite par ce facteur.

S'il n'y a pas de crédit d'impôt recherche (comme en France avant 1983), on aura : $\theta_0 = \theta_1 = \theta_2 = 0$. L'entreprise devra supporter l'entièreté du coût de la R&D (hors subventions directes) avec un paramètre $\gamma = 0$. Au cours de la période 1983 à 1990, le CIR incrémental était basé en France sur la différence entre les dépenses nettes de R&D de l'année avec les dépenses nettes réévaluées de R&D de l'année précédente. Dès lors $\theta_1 = -\theta_0$ and $\theta_2 = 0$, et le prix (hors subventions) de la R&D pour l'entreprise était réduit par :

$$\gamma_t = \theta_0 \left(\frac{\rho_{t+1} - \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right)$$

avec $\pi_{t+1}^{RD} = (P_{t+1}^{RD} - P_t^{RD}) / P_t^{RD}$ le taux d'inflation sur le prix de la R&D entre t et $t+1$.

Une première réforme du CIR en 1991 a introduit le calcul de la base du CIR incrémental sur la différence entre la R&D nette de l'année avec la moyenne des R&D nettes réévaluées des deux années précédentes. Les taux nominaux du CIR incrémental devenaient alors $\theta_1 = \theta_2 = -\theta_0/2$ et la réduction du prix de la R&D due au CIR est :

²⁶ L'entreprise ne supporte que $(1 - \tau)$ du prix de la R&D (nette des subventions) du fait de cette déductibilité fiscale de la R&D qui réduit sa base taxable. Cet effet est identique à une dépréciation immédiate des dépenses de R&D par l'entreprise qui les traite comme des dépenses courantes.

$$\gamma_t = \theta_0 \left[\left(\frac{\rho_{t+1} - \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{1 + \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right) \left(\frac{\rho_{t+2} - \pi_{t+2}^{RD}}{1 + \rho_{t+2}} \right) \right]$$

Le premier terme est le même que dans le cas précédent (comparaison sur une seule année). Mais le changement de la base de comparaison (maintenant sur 2 années) implique une augmentation d'environ 50 % de l'effet du CIR avec le même taux nominal du crédit d'impôt. Si on suppose un taux de rendement constant $\rho_{t+1} = \rho_{t+2}$ et un taux d'inflation constant $\pi_{t+1}^{RD} = \pi_{t+2}^{RD}$, on obtient :

$$\gamma_t = \theta_0 \left(\frac{\rho_{t+1} - \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right) \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{1 + \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right) \right] \cong \theta_0 \left(\frac{\rho_{t+1} - \pi_{t+1}^{RD}}{1 + \rho_{t+1}} \right) \times 1.5$$

On peut remarquer qu'avec un système incrémental, l'effet du CIR provient uniquement de l'actualisation des coûts de la R&D. Il faut donc un taux de rendement réel positif $\rho_{t+1} - \pi_{t+1}^{RD} > 0$ pour qu'il y ait une réduction du coût de la R&D dû au CIR. L'effet du CIR est d'autant plus important que ce taux de rendement réel est grand.

A partir de 2004, le système du CIR français a évolué par l'introduction d'une part du CIR "en volume". Cette part du CIR est basée sur les dépenses de R&D courantes avec un taux nominal ($\theta_0 = \theta_V > 0$) plus faible de 5 % en 2004 et 2005 et de 10 % en 2006 et 2007, mais avec les taux nominaux passés nuls : $\theta_1 = \theta_2 = 0$. L'effet sur le prix de la R&D est évidemment ce taux nominal du CIR :

$$\gamma_t = \theta_V .$$

Si on suppose un taux de subvention constant pour l'entreprise, et que les taux de rendements et les taux d'inflation sont également constants, on peut résumer l'effet du CIR sur le prix de la R&D dans le tableau suivant.

Période	Effet sur le prix de la R&D (γ)
1978 – 1982	0
1983 – 1990	$\theta_0 \left(\frac{\rho - \pi^{RD}}{1 + \rho} \right)$
1991 – 2003	$\frac{3}{2} \theta_0 \left(\frac{\rho - \pi^{RD}}{1 + \rho} \right)$
2004 – 2007	$\theta_V + \frac{3}{2} \theta_0 \left(\frac{\rho - \pi^{RD}}{1 + \rho} \right)$

Le stock de capital R&D optimal

La condition du premier ordre pour le capital de recherche est alors :

$$\frac{\partial V_0}{\partial K_t} = \beta_t [s_t P_t^{RD} - \lambda_t] + \beta_{t+1} \left[(1 - \tau_{t+1}) \left\{ P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} - r_{t+1} s_t P_t^{RD} \right\} - s_t P_t^{RD} + \lambda_{t+1} (1 - \delta) \right] = 0$$

On obtient alors une expression pour la productivité marginale en valeur du capital après taxes (avec $\beta_t / \beta_{t+1} = 1 + \rho_{t+1}$) :

$$\begin{aligned} (1 - \tau) P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} &= (1 + \rho_{t+1}) \lambda_t - (1 - \delta) \lambda_{t+1} + (1 - \tau) r_{t+1} s_t P_t^{RD} - (1 + \rho_{t+1}) s_t P_t^{RD} + s_t P_t^{RD} \\ &= (1 + \rho_{t+1}) \lambda_t - (1 - \delta) \lambda_{t+1} + [(1 - \tau) r_{t+1} - \rho_{t+1}] s_t P_t^{RD} \end{aligned}$$

On introduit alors le multiplicateur de Lagrange de l'expression (A.8) dans ce résultat pour obtenir :

$$\begin{aligned} (1 - \tau) P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} &= [(1 + \rho_{t+1})(1 - \tau_t - \gamma_t)(1 - \eta_t)] P_t^{RD} \\ &\quad - (1 - \delta) [(1 - \tau_{t+1} - \gamma_{t+1})(1 - \eta_{t+1})(1 + \pi_{t+1}^{RD})] P_t^{RD} \\ &\quad + [(1 - \tau) r_{t+1} - \rho_{t+1}] s_t P_t^{RD} \end{aligned} \tag{A.9}$$

avec $\pi_{t+1}^{RD} = (P_{t+1}^{RD} - P_t^{RD}) / P_t^{RD}$ le taux d'inflation sur le prix de la R&D qui mesure les gains en capital de la détention d'une unité de R&D au cours de la période.

On suppose que les variations du paramètre effectif du CIR γ_t entre deux périodes sont négligeables $\gamma_t \approx \gamma_{t+1}$, comme les variations du taux de subvention sur la R&D : $\eta_t \approx \eta_{t+1}$. De même, on peut faire l'hypothèse que les entreprises n'anticipent pas de changements des taux de taxation sur les profits. Elles considèrent ces taux de taxation comme constant dans l'avenir $\tau_t = \tau_{t+1}$. Sous ces hypothèses, l'expression (A.9) se simplifie :

$$\begin{aligned} (1 - \tau) P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} &= [(1 + \rho_{t+1}) - (1 - \delta)(1 + \pi_{t+1}^{RD})] (1 - \tau_t - \gamma_t)(1 - \eta_t) P_t^{RD} \\ &\quad + [(1 - \tau_t) r_{t+1} - \rho_{t+1}] s_t P_t^{RD} \end{aligned}$$

Et avec une valeur négligeable pour $\delta \pi_{t+1}^{RD} \approx 0$, on aura :

$$\begin{aligned} (1 - \tau_t) P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} &\approx (1 - \tau_t - \gamma_t)(1 - \eta_t) P_t^{RD} (\rho_{t+1} + \delta - \pi_{t+1}^{RD}) \\ &\quad - s_t ((1 - \tau_t) r_{t+1} - \rho_{t+1}) P_t^{RD} \end{aligned} \tag{A.10}$$

Finalement la productivité marginale en valeur après taxes du capital de recherche peut s'écrire comme :

$$(1 - \tau_t) P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} \cong (1 - \tau_t - \gamma_t)(1 - \eta_t) P_t^{RD} (\rho_{t+1} + \delta - \pi_{t+1}^{RD}) \\ + s_t ((1 - \tau_t) r_{t+1} - \rho_{t+1}) P_t^{RD} \quad (A.11)$$

En conséquence on aura l'expression traditionnelle pour la productivité marginale en valeur qui doit être égale au coût d'usage du capital recherche après taxes (C) :

$$P_{t+1} \frac{\partial F_{t+1}}{\partial K_t} = C_{t+1}$$

Ce coût d'usage du capital recherche après taxes tient compte de l'impôt sur les bénéfices, de la déductibilité fiscale des dépenses de R&D, des subventions directes et du crédit d'impôt recherche :

$$C_{t+1} = \left(\frac{1 - \tau_t - \gamma_t}{1 - \tau_t} \right) (1 - \eta_t) P_t^{RD} (\rho_{t+1} + \delta - \pi_{t+1}^{RD}) + s_t ((1 - \tau_t) r_{t+1} - \rho_{t+1}) \quad (A.12)$$

Cette expression est proche de celle obtenue par Hall et Jorgenson (1967) ou King et Fullerton (1984). On retrouve la même formulation pour le coût d'usage du capital dans les articles de Hall (1992) ou de Hall et Van Reenen (2000). Les seules différences concernent le dernier terme qui provient d'un coût différent du financement propre de l'entreprise et du financement par endettement. Ce dernier bénéficie d'une réduction du taux d'intérêt du fait de la déductibilité fiscale des charges d'intérêt pour l'entreprise. Si l'entreprise finance entièrement sa R&D sur ses fonds propres sans recours à l'endettement, ce dernier terme qui marque une imperfection des marchés des capitaux, disparaît. Si, en revanche, l'entreprise finance ses dépenses de R&D par endettement, la différence entre le taux d'intérêt après taxes sur la dette et le taux de rendement des capitaux de l'entreprise peut jouer sur le coût d'usage du capital de recherche.

Annexe 2. Spécification et estimation du modèle de demande de capital R&D

L'étude d'impact présentée au chapitre 3 repose sur une modélisation des décisions d'investissement en fonction du coût d'usage du capital.

Investissement et capital de recherche optimal

Le modèle de choix du capital et de l'investissement de l'entreprise retenu se fonde sur l'égalité à l'équilibre de long terme entre la productivité marginale du capital et le coût d'usage réel du capital. Cette relation de long terme vaut également pour la productivité marginale du capital de recherche, et on peut ainsi écrire à l'équilibre pour l'année t :

$$\frac{\partial F_t(K_t, X_t)}{\partial K_t} = \frac{C_t}{P_t} \quad (\text{A.13})$$

où K est le stock de capital de recherche (d'équilibre ou optimal), C est le coût d'usage du capital de recherche, P le prix de la production, et X désigne les autres facteurs de production, ceux-ci pouvant être introduits individuellement comme facteurs supplémentaires dans la fonction de production F , ou bien comme un seul facteur composite. Pour obtenir une équation explicite, on peut simplement supposer que la fonction de production spécifiée est de type CES : $Q_t = F(K_t, X_t) = \gamma [\kappa K_t^{-\rho} + (1-\kappa)X_t^{-\rho}]^{\eta/\rho}$, où $\sigma = 1/(1+\rho)$ est l'élasticité de substitution entre le capital recherche et les autres facteurs de production X considéré comme un facteur composite regroupant par exemple le travail et les services du capital physique, et η est le rendement d'échelle. On obtient alors pour la demande de capital la relation :

$$K_t = A Q_t^{\left(\frac{1-\sigma}{\eta}\right)} \left(\frac{C_t}{P_t}\right)^{-\sigma}, \text{ où } A \text{ est une constante, ou encore en logarithmes la relation :}$$

$$k_t = a + \beta q_t - \sigma(c_t - p_t) \quad (\text{A.14})$$

où les logarithmes des variables sont notés en minuscules, et où $\beta = \sigma + (1-\sigma)/\eta$ est l'élasticité du capital à la production en volume. On peut noter que cette élasticité est unitaire ($\beta = 1$) si les rendements d'échelle sont constants ($\eta = 1$), ou si la fonction de production est Cobb-Douglas ($\sigma = 1$).

L'expression de la demande de capital (A.14) en fonction de la production en volume (Q) et de son prix (P) pose problème lorsqu'on veut l'estimer sur données individuelles d'entreprises. En effet, ces variables ne sont généralement pas mesurées au niveau de l'entreprise, où l'on dispose seulement de la production (ou des ventes, ou de la valeur ajoutée) en valeur : $V = P.Q$. Les prix de production sont en outre souvent une variable de décision pour l'entreprise, dans la mesure où elle peut exercer un pouvoir de marché,

notamment en produisant des biens différenciés de ceux de ses concurrents²⁷. La demande de capital peut être réécrite en termes de la production en valeur (ou de la valeur ajoutée nominale) en éliminant la variable de prix. En supposant que l'entreprise fait face à une demande à élasticité-prix constante ($\varepsilon > 1$) : $Q = D_0 P^{-\varepsilon}$ ou $P = D_0^{1/\varepsilon} Q^{-1/\varepsilon}$, où $D_0 = Q_0 / P_0^{-\varepsilon}$ désigne un facteur global de demande, indépendant du prix de l'entreprise, mais dépendant du niveau d'ensemble (ou sectoriel) des prix et de l'état général de la conjoncture, ou encore après quelques réarrangements : $Q = D_0^{-1/(\varepsilon-1)} V^\mu$ et $P = D_0^{1/(\varepsilon-1)} V^{-1/(\varepsilon-1)}$ où $\mu = [1 - (1/\varepsilon)]^{-1}$ est le taux de marge du prix sur le coût marginal.

En passant ces expressions en logarithmes et en les utilisant dans (A.14) pour éliminer la production en volume et son prix, on peut exprimer la demande de capital d'équilibre comme :

$$k_t = a + \bar{\varphi} d_0 + \theta v_t - \sigma c_t \quad (\text{A.15})$$

$$\text{avec } \bar{\varphi} = \left(\frac{\sigma - 1}{(\varepsilon - 1)\eta} \right), \theta = \left(\sigma + (1 - \sigma) \frac{\mu}{\eta} \right) \text{ et } \alpha = a + \bar{\varphi} d_0 .$$

Le capital recherche désiré (A.15) dépend donc du coût d'usage du capital nominal (c), de la production nominale de l'entreprise ou de son chiffre d'affaires (v), et d'une demande autonome (d_0), qui sera exprimée dans les estimations par des indicatrices temporelles à défaut d'autres variables. Le coût du capital affecte toujours négativement le stock de capital optimal avec une élasticité égale à l'élasticité de substitution entre ce stock de capital et l'autre facteur (composite) de production. L'effet du coût du capital sur la R&D sera donc d'autant plus faible que la substitution entre capital de recherche et les autres moyens de production sera faible.

La demande nominale aura en général un effet positif sur le stock de capital recherche. Si la fonction de production est de type Cobb-Douglas avec une élasticité de substitution unitaire ($\sigma = 1$), l'élasticité du capital recherche à la production sera également unitaire : $\theta = \beta = 1$ comme dans le cas précédent avec une production en volume. D'autre part, on peut montrer que pour avoir un équilibre du producteur, il faut que le taux de marge soit supérieur aux rendements d'échelle ($\mu > \eta$), cela implique que l'élasticité à la demande sera supérieure à l'unité si l'élasticité de substitution est inférieure à l'unité²⁸ :

$$\theta = \sigma + (1 - \sigma) \frac{\mu}{\eta} \geq 1 \quad \text{si } \sigma \leq 1$$

²⁷ Comme on ne dispose pas d'informations sur ces prix au niveau de l'entreprise, on remplace souvent le prix de production individuel par un prix de production sectoriel à un niveau assez agrégé, ce qui peut impliquer des erreurs de spécification.

²⁸ Comme $\mu > \nu$, on aura que le ratio $\mu/\eta > 1$, ce qui donne pour le membre de droite avec $\sigma < 1$: $\mu/\eta > (1 - \sigma)/(\nu - \sigma)$. On obtient alors en réarrangeant : $(1 - \sigma) \mu / \eta > (1 - \sigma) \nu$ et $\sigma + (1 - \sigma) \mu / \eta > 1$.

Une spécification économétrique dynamique

L’expression de long terme (A.15) peut être introduite directement dans une relation économétrique dynamique pour tenir compte des différents délais dans la décision d’investissement ou de recherche, sans chercher à modéliser directement les coûts d’ajustement correspondants. Il s’agit principalement d’abord des délais de reconnaissance du changement de l’environnement économique, de mise au point des projets d’investissement ou de recherche, et d’obtention d’un financement ; il s’agit ensuite des délais de commande et de mise en œuvre. D’où le choix de la formulation autorégressive à retards échelonnés ADL(3,3) suivante :

$$k_t = \alpha + \gamma_1 k_{t-1} + \gamma_2 k_{t-2} + \gamma_3 k_{t-3} + \beta_0 v_{t+1} + \beta_1 v_t + \beta_2 v_{t-1} + \beta_3 v_{t-2} + \sigma_0 c_{t+1} + \sigma_1 c_t + \sigma_2 c_{t-1} + \sigma_3 c_{t-2} + \varepsilon_t \quad (\text{A.16})$$

Afin de conduire l’estimation économétrique, cette relation est transformée en un modèle à correction d’erreurs ECM(3,3). La différence logarithmique du stock de capital de recherche est remplacée par le taux d’investissement en R&D ($\Delta k_i \equiv (R_t / K_{t-1}) - \delta$, où R_t est l’investissement en R&D de l’entreprise, et δ le taux de dépréciation économique pour l’entreprise de la R&D). Du fait de l’estimation de ce modèle sur des données de panel, on introduit d’une part des effets fixes individuels α_i pour tenir compte de caractéristiques non observées (et supposées pratiquement constantes) des entreprises, et d’autre part des variables indicatrices temporelles φ_t pour prendre en compte l’état de la conjoncture de la demande (et autres caractéristiques d’environnement macroéconomique supposées pratiquement identiques pour toutes les entreprises à la même période). Au total, la spécification économétrique utilisée s’écrit :

$$\frac{R_{it}}{K_{it-1}} = \alpha_i + \eta_1 \frac{R_{it-1}}{K_{it-2}} + \eta_2 \frac{R_{it-2}}{K_{it-3}} + \xi_0 \Delta v_{it+1} + \xi_1 \Delta v_{it} + \xi_2 \Delta v_{it-1} + \zeta_0 \Delta c_{it+1} + \zeta_1 \Delta c_{it} + \zeta_2 \Delta c_{it-1} + \phi(k_{it-1} - v_{it} - c_{it}) + \lambda v_{it} + \lambda' c_{it} + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (\text{A.17})$$

Dans cette formulation du modèle à correction d’erreurs, les effets de long terme de la demande et du coût d’usage sur la R&D dépendent uniquement du paramètre de correction d’erreur ϕ qui détermine largement la vitesse d’ajustement, et des paramètres des variables en niveaux λ et λ' par les expressions :

$$\theta^{LT} = 1 - \frac{\lambda}{\phi} \quad \text{et} \quad \sigma^{LT} = 1 - \frac{\lambda'}{\phi} \quad (\text{A.18})$$

Les élasticités de court terme s’écrivent également comme des fonctions non linéaires des paramètres du modèle ECM.

Quelques remarques sur les méthodes d'estimation

Plusieurs méthodes d'estimation sont proposées dans la littérature pour estimer un modèle tel que le nôtre à partir d'un panel d'entreprises non cylindré sur une période relativement longue (jusqu'à 18 années d'observations). La méthode des moments généralisée peut sembler la plus séduisante (Arellano et Bond, 1991). Cette méthode (ou « GMM-dif »)

consiste d'abord à transformer le modèle en différences premières afin d'éliminer les effets individuels, et à instrumenter les variables explicatives écrites en différences premières par ces mêmes variables en niveaux mais retardées en général d'au moins deux périodes et plus. Elle a l'avantage de corriger en principe les biais dus à la présence de la variable dépendante retardée, à la possibilité d'une endogénéité des autres variables explicatives, et à celle d'erreurs de mesure sur les variables. Cependant les corrélations entre variables en différences premières et en niveaux retardés sont souvent très faibles, et la méthode conduit alors à des estimations extrêmement imprécises, à partir desquelles il est difficile de tirer des conclusions relativement fermes et nous avons renoncé à l'appliquer ici, sinon à titre accessoire.²⁹

Comme dans nos travaux précédents, nous avons plutôt préféré utiliser la méthode traditionnelle d'estimation intra-individuelle (« *within firm* ») qui consiste à éliminer les effets individuels en centrant les variables par rapport à leurs moyennes individuelles. Ces estimations intra-individuelles sont sujettes à un biais provenant de la présence de la variable dépendante retardée comme variable explicative (Nickell, 1981). Toutefois ce biais diminue rapidement lorsque le nombre d'observations par entreprise augmente, et comme nous disposons d'une période d'estimation assez longue (et plus longue que dans la majorité des études sur données de panel), le biais négatif affectant principalement les paramètres autorégressifs du modèle est en fait relativement faible, même pour des valeurs élevées de ces paramètres.

Il convient néanmoins de souligner que du fait que nous ajoutons au modèle des indicatrices temporelles, seule compte pour les estimations la variabilité des différentes variables dans leur double dimension intra-individuelle et intra-temporelle. Il n'est donc possible d'estimer de façon satisfaisante que les effets des variables pour lesquelles cette variabilité est assez forte. Il en résulte aussi que les biais d'erreurs de mesure sont de ce fait exacerbés (Griliches et Mairesse, 1998)³⁰.

On a d'assez bonnes raisons de penser que le problème d'erreurs sur les variables et celui de l'endogénéité *stricto sensu* n'ont pas une très grande importance pour la variable de demande (mesurée par la valeur ajoutée des entreprises dans la comptabilité des entreprises)³¹. Ce n'est pas le cas pour la variable de coût d'usage du capital de recherche que nous mesurons nous-mêmes. On sait en effet que cette mesure, même estimée aussi précisément que possible comme nous le faisons ici reste nécessairement approximative et relativement peu variable dans sa dimension intra-individuelle et intra-temporelle. Nous avons traité ce problème en décomposant le coût d'usage en plusieurs composantes, notamment celle liée au CIR lui-même dont la variabilité intra-individuelle et intra-temporelle reste importante et qui correspond de ce fait à une élasticité estimée moins susceptible d'un biais important d'erreurs

²⁹ C'est le problème bien connu des instruments faibles (voir par exemple Staiger et Stock, 1997).

³⁰ Il en résulte aussi que les estimations GMM-dif pouvant corriger en principe les biais d'erreurs de mesure sont particulièrement imprécises.

³¹ Ces problèmes sont examinés par Mairesse, Hall et Mulkay (1999) qui concluent qu'ils n'affectent qu'assez faiblement les estimations intra-individuelles de l'élasticité de long terme du capital physique par rapport à la demande. Les estimations qu'ils trouvent pour ce paramètre sont de l'ordre de 0.6 – 0.7, ce qui est comparable aux résultats des autres études sur données de panel d'entreprises auxquelles ils confrontent leurs résultats. Il est satisfaisant que l'estimation de l'élasticité θ^{LT} de long terme du capital d'R&D par rapport à la demande trouvée dans la présente étude soit du même ordre de grandeur. Le fait que la majorité des études trouvent de tels ordres de grandeur bien inférieurs aux valeurs théoriques (qui seraient de l'ordre de 1.0-1.2) peut s'expliquer largement par le fait que la variable est théoriquement la demande anticipée ex ante par l'entreprise et non celle effective (réalisée *ex post*).

de mesure³². On sait également que le coût d'usage est susceptible aussi d'être endogène et tout particulièrement sa composante CIR, du fait même de son caractère incrémental. Donc la décomposition du coût d'usage du capital de recherche qui a l'avantage d'atténuer sinon de corriger les biais d'erreur de mesure de l'élasticité de long terme σ^{LT} du capital de recherche agrave en sens inverse les biais d'endogénéité. La solution qui à la réflexion nous a apparu être ici préférable pour tenir compte de cette conséquence est d'utiliser pour mesurer la composante du coût d'usage liée au CIR non pas sa valeur effective (sachant que l'entreprise a accru ou diminué ses dépenses de R&D et donc bénéficié ou non du CIR *ex post*) mais sa valeur marginale *ex ante* pour une entreprise calculant quel est le coût marginal d'une augmentation de ses dépenses de R&D. Les estimations obtenues ainsi sont comme on pouvait s'y attendre beaucoup plus faibles que lorsque qu'elles sont corrigées pour les seuls biais d'erreurs de mesure, mais néanmoins plus élevées que lorsqu'elles ne sont corrigées ni pour ces biais ni pour ceux d'endogénéité. Au total elles paraissent plus plausibles, notamment en comparaison de celles obtenues dans des études sur d'autres pays (Ientile et Mairesse 2010).

³² Voir Dormont (1983) pour une étude de la demande de facteurs, où l'auteur met en œuvre un raisonnement analogue.

Annexe 3. Les données

Les données utilisées dans l'étude statistique et économétrique sur l'effet du Crédit d'Impôt Recherche proviennent de 3 sources :

- la base de gestion du CIR (GECIR) du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
- l'enquête sur les moyens consacrés à la R&D dans les entreprises (enquête R&D) pour les données sur la R&D, son financement et ses caractéristiques, réalisée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
- l'enquête annuelle d'entreprise (EAE) pour les données comptables des entreprises, menée par différents organismes de la Statistique Publique.

Nous disposons aussi des données sectorielles de la Comptabilité Nationale pour les indices de prix.

La base de gestion du CIR (GECIR) a été utilisée de 1999 à 2007 pour l'analyse statistique descriptive des caractéristiques des entreprises qui demandent le CIR. Pour cette étude, nous avons été confrontés au problème de l'entité légale qui est en droit de réclamer le CIR. Pour les entreprises indépendante ou bien filiales d'un groupe étranger installées en France, il n'y a pas de problème d'identification de l'entreprise qui demande le CIR et celle qui réalise la R&D. En revanche, au niveau des groupes fiscalement intégré, ce qui ne correspond pas nécessairement à la définition d'un groupe économique, c'est l'entreprise-mère qui réclame le CIR parce que c'est elle qui est déclarante à l'impôt des sociétés, alors que c'est généralement une ou plusieurs de ses filiales qui effectuent la R&D. Cela nous a amené à classer les entreprises en 2 groupes : les indépendantes (ou filiales de groupe étranger) d'une part, et d'autre part les groupes fiscalement intégrés et leurs filiales.

Nous avons apparié cette base de données du CIR avec les données de l'enquête R&D pour analyser de manière descriptive les déclarations au CIR et les caractéristiques de la R&D déclarées par l'entreprise. Pour les entreprises indépendantes, au sens du CIR, la moitié ont pu être appariée avec l'enquête R&D. De même, la moitié des entreprises n'appartenant pas à un groupe au sens économique, n'ont pas réclamé le CIR. Pour les 2 900 groupes fiscalement intégrés dans la base GECIR et leurs filiales, nous avons retrouvé seulement 63 % de ces entreprises dans l'enquête R&D.

Pour l'étude de l'effet du CIR sur la R&D; via le coût du capital R&D, nous avons seulement utilisés les données de l'enquête R&D et les données comptables de l'EAE sur une période de 30 ans : 1978 à 2007. Même si nous pouvons disposer de l'enquête R&D pour 2008, le délai de disponibilité des données comptables est d'approximativement 3 ans, ce qui nous empêche d'avoir déjà des informations comptables pour l'année de la réforme du système du CIR en 2008.

Après nettoyage des fichiers de données et l'élimination des observations extrêmes ou avec de trop forte variation, nous avons conservé les entreprises qui étaient présentes **au moins 5 années consécutives** dans l'échantillon. Ce qui élimine les entreprises qui ont

commencé récemment à faire de la R&D ou qui en font de manière intermittente. En fait plus des trois quarts des entreprises sont présentes dans notre échantillon au plus 12 années consécutivement.

L'échantillon (non cylindré) comporte 39 553 observations concernant 3 995 entreprises sur la période 1978 – 2007. Les entreprises proviennent principalement de l'industrie manufacturière (83 %), mais aussi des services aux entreprises (13 %) comme l'indique le Tableau A1. Leur taille médiane est de 150 salariés, pour une moyenne de 664 salariés : 63 % des entreprises ont moins de 250 salariés (en moyenne sur leur période d'observation). Dans l'échantillon, 34% des entreprises sont localisées en Ile-de-France et 15% en Rhône-Alpes. Les 20 autres régions métropolitaines se partageant l'autre moitié des entreprises, sans qu'aucune de ces régions ne dépasse 5% des entreprises de l'échantillon. Mais la R&D est géographiquement concentrées en Ile-de-France avec 74% de la R&D et 70% de l'emploi de R&D dans cette seule région.

Tableau A1 : Répartition sectorielle des entreprises dans l'échantillon

	Nombre	Part
Agro-Alimentaire	246	6%
Biens de Consommation	515	13%
Automobile	110	3%
Biens d'Equipement	1 173	29%
Biens Intermédiaires	1 277	32%
Services aux Entreprises	504	13%
Autres secteurs	170	4%
TOTAL	3 995	100%

L'échantillon comporte davantage d'entreprises de grande taille que l'ensemble des entreprises faisant de la R&D. Comme l'indique le Tableau A2, le montant des dépenses de R&D ou les effectifs dans l'échantillon sont plus de 3 fois plus élevés que dans l'enquête R&D³³.

Tableau A2 : Comparaison entre l'échantillon et l'enquête R&D en 2007

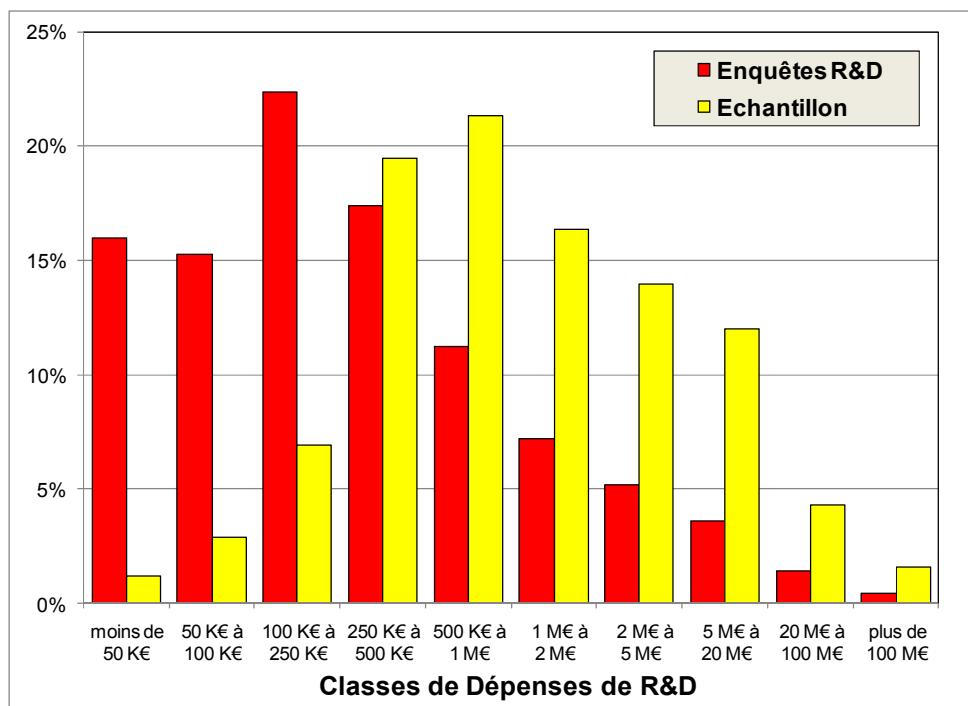
	R&D Totale		Effectif de R&D	
	Enquête R&D 2007	Echantillon 2007	Enquête R&D 2007	Echantillon 2007
Moyenne	2 862	8 996	20	59
Médiane	211	929	3	10

10 923 Entreprises dans l'enquête R&D (pondérée), 1 319 entreprises dans l'échantillon.
R&D en K€, Effectifs de R&D en personne équivalent temps plein.

³³ On prend ici les résultats de l'enquête R&D pondéré pour tenir compte de l'échantillonnage de cette enquête.

Nous avons ainsi une sur-représentation des entreprises faisant beaucoup de R&D comme l'indique le Graphique A1 pour les entreprises faisant plus de 500 000 € de R&D annuelle, alors que l'échantillon sous représente les entreprises faisant moins de 250 000 € de R&D. Cela provient de l'échantillonnage de l'enquête R&D en-dessous d'un certain seuil de R&D, alors que l'enquête est exhaustive au-dessus de ce seuil. Du fait que l'on ne garde dans l'échantillon que les entreprises avec au moins 5 années de R&D consécutives, la présence d'un tirage aléatoire des entreprises en-dessous d'un seuil implique la présence de données manquantes dans la séquence des petites entreprises. De plus, la R&D est moins persistante dans les entreprises faisant peu de R&D tandis qu'elle est beaucoup plus stable pour les entreprises ayant des programmes importants de R&D. Cette moindre persistance des petites entreprises impliquent également une disparition de notre échantillon lorsqu'elles ne font plus de R&D pendant une ou plusieurs années.

Graphique A1 : Représentativité de l'échantillon par rapport à l'enquête R&D en 2007
Proportion des entreprises par classes de dépenses de R&D



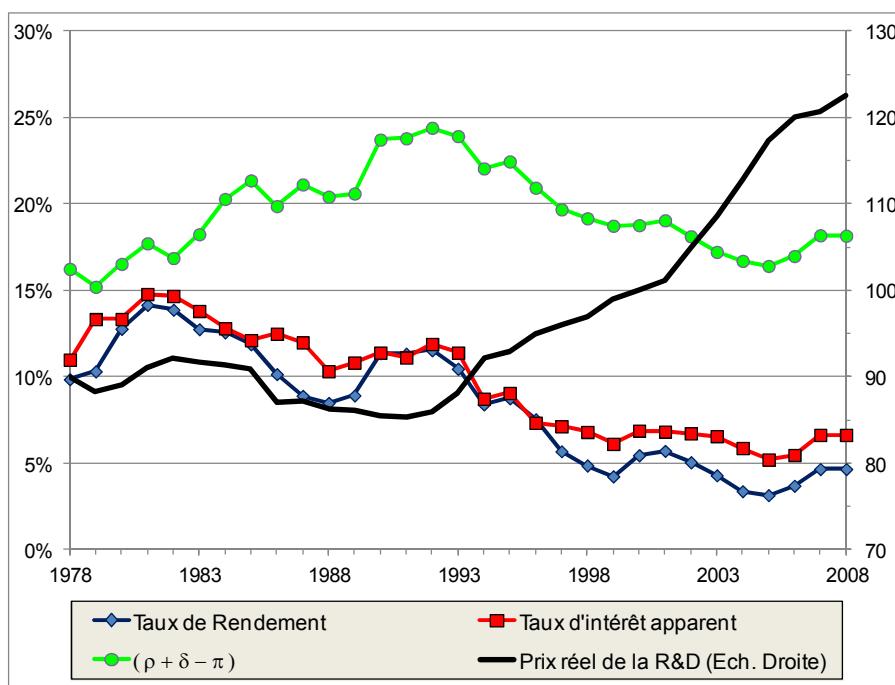
Annexe 4. Les éléments du coût du capital

Afin d'estimer le coût du capital de recherche, nous utilisons certaines variables macroéconomiques telles que le taux d'intérêt moyen sur les obligations d'Etat qui nous permet de calculer le taux de rendement désiré des entreprises (ρ), ou encore l'indice de prix de la R&D. Plus précisément on prend l'indice du prix de la production du secteur de la Recherche et Développement (secteur N4 en NES36.) des Comptes Nationaux en base 2000. Nous avons également besoin de plusieurs taux de taxation et des paramètres du CIR qui varient dans le temps mais sont les mêmes pour les entreprises. Ces informations sont présentées dans le Tableau A3 ci-dessous.

Le coût d'usage du capital est calculé à partir des formules dérivées dans l'Annexe 1 en utilisant les observations propres à chaque entreprise pour plusieurs variables telles que le taux de distribution des dividendes, le taux d'endettement ou le taux de subvention de la R&D. Les moyennes annuelles de ces variables pour les entreprises de notre échantillon sont données dans le Tableau A4 ci-dessous.

Le Graphique A2 présente l'évolution de ces moyennes annuelles qui servent à calculer le coût du capital de R&D, lequel est commenté dans la Section 3 de ce rapport. Le taux de rendement, ainsi que le taux d'intérêt apparent sur la dette de l'entreprise ont un profil baissier parallèle depuis le début des années quatre-vingt, période de forte inflation. Le taux d'intérêt apparent reste cependant en moyenne plus élevé que le taux de rendement de l'entreprise.

Graphique A2 : Moyennes des composantes du coût du capital



Le coût réel du capital R&D utilisé dans la Section 3 peut se décomposer en deux facteurs : le prix relatif (ou réel) de la R&D : (P^{RD}/P) avec P^{RD} le prix de la R&D et P le prix de la valeur ajoutée) que multiplie le coût d'usage unitaire de la R&D ($[\rho + \delta - \pi]$, où ρ est le taux de rendement, δ le taux de dépréciation de la R&D (ici 15%), $\pi (= \Delta P^{RD} / P^{RD})$ le taux d'inflation sur le prix de la R&D indiquant les gains en capital sur la R&D). Le Graphique A2 présente l'évolution des moyennes annuelles de ces deux composantes. Ce coût d'usage unitaire augmente en moyenne jusqu'à un maximum de 24,4 % en 1992, il décroît ensuite jusqu'à 16,4 % en 2005 pour rebondir légèrement à la fin de la période. En revanche, le prix relatif de la R&D semble en moyenne relativement stable jusqu'au début des années quatre-vingt-dix, et il augmente fortement depuis lors : de 44 % entre 1991 et 2008 (18 ans), soit une augmentation annuelle moyenne de 2 %. Cette forte augmentation reflète sans doute pour une part une évolution plus rapide des salaires moyens des personnels qualifiés, plus nombreux dans le secteur de la R&D.

L'effet de l'augmentation du coût unitaire de la R&D sur le coût de base du capital R&D, domine la stabilité du prix relatif de la R&D pour 1978 à 1992, (Graphique A2). De 1993 à 1998, l'augmentation du prix relatif de la R&D est plus que compensée par la réduction du coût unitaire de la R&D. De 1998 à 2003, les deux effets se compensent, stabilisant en moyenne le coût du capital R&D. Enfin, depuis 2004 le prix relatif augmente comme le coût unitaire de la R&D, expliquant la forte remontée du coût de la R&D constatée (Graphique 1).

Pour les variables individuelles (autres que ρ) entrant dans le calcul du coût d'usage du capital, le taux d'endettement régresse en moyenne de 54 % en 1984 pour atteindre 39 % en 2006 et 2007. Le taux de distribution des dividendes (versés sur le profit net comptable) passe de 14 % en 1982 à presque 33 % en 2007.

Graphique A3 : Moyennes des variables spécifiques des entreprises

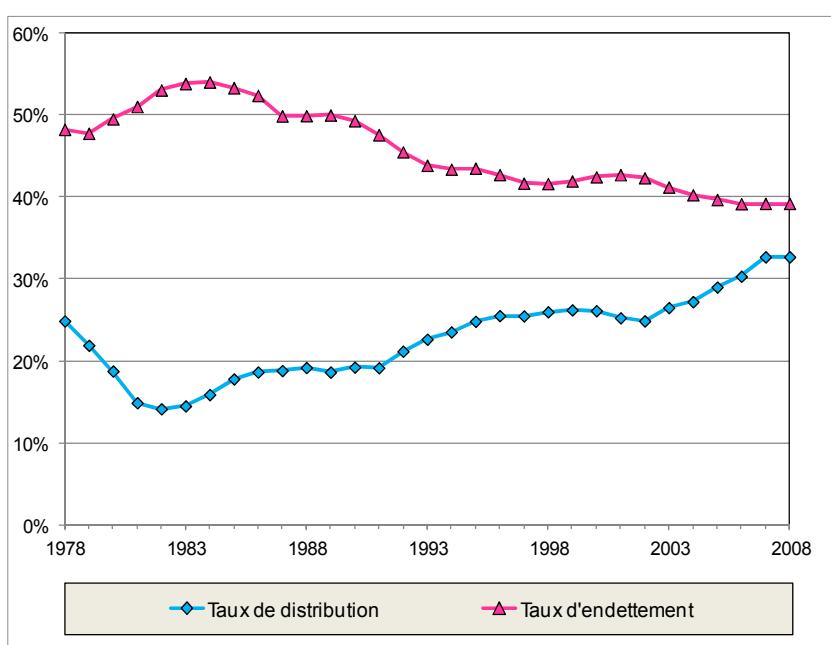


Tableau A3 : Variables constantes entre les entreprises

ANNEE	Taux d'intérêt Moyen (1)	Taux d'inflation sur la R&D (2)	Taux Impôt des Sociétés	Taux Impôt sur le Revenu	Taux de l'avoir fiscal	Taux d'impôt sur les plus-values	Taux de prélèvement libératoire	Taux nominal du CIR incrémental	Taux nominal du CIR en volume (3)	Plafond du CIR (en K€)	Taux nominal du CIR Spécial (4)	Plafond du CIR Spécial (en K€)
1978	10.3%	8.6%	50.0%	60.0%	50.0%	15.0%	25.0%					
1979	10.9%	10.1%	50.0%	60.0%	50.0%	15.0%	25.0%					
1980	13.6%	11.2%	50.0%	60.0%	50.0%	15.0%	25.0%					
1981	15.3%	11.4%	50.0%	60.0%	50.0%	15.0%	25.0%					
1982	14.8%	12.0%	50.0%	65.0%	50.0%	15.0%	25.0%					
1983	13.4%	9.5%	50.0%	65.0%	50.0%	16.0%	25.0%	25%		457.4		
1984	13.3%	7.3%	50.0%	65.0%	50.0%	16.0%	26.0%	25%		457.4		
1985	12.5%	5.5%	50.0%	65.0%	50.0%	16.0%	26.0%	50%		762.2		
1986	10.8%	5.3%	45.0%	58.0%	50.0%	17.0%	26.0%	50%		762.2		
1987	9.7%	2.8%	45.0%	56.8%	50.0%	17.0%	27.0%	50%		762.2		
1988	9.2%	3.1%	42.0%	56.8%	50.0%	17.0%	27.0%	50%		1 524.5	30%	137.2
1989	9.6%	3.3%	39.0%	56.8%	42.6%	17.0%	27.0%	50%		1 524.5	30%	137.2
1990	10.6%	2.6%	37.0%	56.8%	38.1%	18.1%	17.0%	50%		1 524.5	30%	137.2
1991	10.6%	2.5%	34.0%	56.8%	31.8%	18.1%	18.1%	50%		6 098.0		
1992	11.0%	2.1%	34.0%	56.8%	50.0%	18.1%	18.1%	50%		6 098.0		
1993	9.9%	1.5%	33.3%	56.8%	50.0%	18.1%	18.1%	50%		6 098.0		
1994	8.0%	1.4%	33.3%	56.8%	50.0%	19.4%	19.4%	50%		6 098.0		
1995	8.3%	1.3%	36.7%	56.8%	50.0%	19.9%	19.9%	50%		6 098.0		
1996	7.3%	1.6%	36.7%	54.0%	50.0%	20.9%	20.9%	50%		6 098.0		
1997	5.6%	1.0%	41.7%	54.0%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 098.0		
1998	4.8%	0.7%	41.7%	54.0%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 098.0		
1999	4.2%	0.5%	40.0%	54.0%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 098.0		
2000	5.4%	1.7%	37.8%	53.3%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 098.0		
2001	5.7%	1.7%	36.4%	52.8%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 100.0		
2002	5.1%	1.9%	35.4%	49.6%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 100.0		
2003	4.4%	2.1%	35.4%	48.1%	50.0%	26.0%	26.0%	50%		6 100.0		
2004	3.5%	1.7%	35.4%	48.1%	50.0%	27.0%	27.0%	45%	5%	8 000.0		
2005	3.2%	1.7%	35.0%	48.1%	0.0%	27.0%	27.0%	45%	5%	8 000.0		
2006	3.8%	1.7%	34.4%	40.0%	0.0%	27.0%	27.0%	40%	10%	10 000.0		
2007	4.8%	1.5%	34.4%	40.0%	0.0%	27.0%	27.0%	40%	10%	16 000.0		

(1) Taux d'intérêt moyen sur les emprunts d'Etat (source Banque de France)

(2) Prix de la production des services de R&D (NES 36 : N4) - INSEE Comptes Nationaux (base 2000)

(3) CIR en volume à partir de 1983

(4) CIR spécial de 1988 à 1990

Tableau A4 : Moyennes des variables spécifiques des entreprises

ANNEE	Nombre d'Entreprises	Prix réel de la R&D (100 en 2000)	Taux de distribution des dividendes	Taux de rendement calculé (ρ)	Taux d'intérêt apparent (r)	Taux d'endettement (d)	Taux de subvention de la R&D (η)	GAMMA (Ex-ante) (1) (2)	GAMMA (Ex-Post) (1) (3)
1978	327	90,0	24,9%	9,9%	11,0%	48,3%	2,8%		
1979	363	88,3	21,9%	10,3%	13,3%	47,8%	3,3%		
1980	407	89,1	18,8%	12,8%	13,4%	49,6%	4,4%		
1981	444	91,2	14,9%	14,2%	14,8%	51,1%	4,5%		
1982	486	92,2	14,1%	13,9%	14,7%	53,1%	5,1%		
1983	521	91,7	14,5%	12,8%	13,8%	53,9%	4,1%	0,72%	0,35%
1984	635	91,5	15,9%	12,6%	12,8%	54,1%	5,5%	1,17%	0,51%
1985	694	90,9	17,8%	11,9%	12,1%	53,4%	5,6%	2,84%	1,18%
1986	940	87,1	18,6%	10,2%	12,5%	52,4%	5,3%	2,22%	0,94%
1987	1 006	87,3	18,8%	8,9%	12,0%	49,9%	4,5%	2,82%	1,18%
1988	1 085	86,2	19,2%	8,5%	10,3%	50,0%	4,9%	3,20%	1,73%
1989	1 229	86,1	18,6%	8,9%	10,8%	50,0%	4,1%	4,10%	2,67%
1990	1 297	85,5	19,2%	11,4%	11,4%	49,3%	4,8%	7,22%	4,87%
1991	1 372	85,4	19,2%	11,3%	11,1%	47,6%	4,4%	5,77%	2,67%
1992	1 439	86,0	21,2%	11,5%	11,9%	45,5%	4,0%	6,15%	3,36%
1993	1 597	88,1	22,7%	10,5%	11,4%	43,9%	3,6%	5,90%	3,18%
1994	2 104	92,2	23,5%	8,4%	8,7%	43,4%	4,6%	4,78%	2,90%
1995	2 247	93,0	24,8%	8,8%	9,1%	43,5%	4,1%	5,03%	2,91%
1996	2 310	95,0	25,5%	7,5%	7,4%	42,8%	4,1%	4,07%	1,96%
1997	2 324	96,1	25,5%	5,7%	7,1%	41,7%	4,4%	3,28%	1,47%
1998	2 357	96,9	26,0%	4,9%	6,8%	41,7%	4,2%	2,95%	1,36%
1999	2 374	99,0	26,2%	4,2%	6,1%	42,0%	4,6%	2,66%	1,27%
2000	2 337	100,0	26,1%	5,5%	6,9%	42,5%	4,9%	2,66%	1,29%
2001	2 752	101,1	25,3%	5,7%	6,8%	42,7%	4,8%	2,85%	1,52%
2002	3 119	104,8	24,9%	5,1%	6,7%	42,4%	5,4%	2,22%	1,24%
2003	3 019	108,7	26,5%	4,3%	6,6%	41,2%	4,8%	1,60%	0,74%
2004	2 954	112,7	27,2%	3,4%	5,9%	40,3%	4,9%	6,10%	5,41%
2005	2 541	117,3	29,0%	3,2%	5,2%	39,7%	4,2%	5,91%	5,29%
2006	2 191	120,1	30,3%	3,7%	5,5%	39,2%	3,6%	11,10%	10,27%
2007	1 535	120,7	32,7%	4,7%	6,6%	39,2%	3,7%	11,76%	10,44%
2008	1 535	122,5	32,7%	4,7%	6,6%	39,2%	3,7%	29,83%	29,83%

(1) GAMMA : Réduction en pourcentage du coût de la R&D due au CIR.

(2) Ex-Ante : calcul théorique.

(3) Ex-Post : calcul en tenant compte du plafonnement, et des crédits d'impôts négatifs (inférieurs au plancher).

Remarque : en 2008, les variables individuelles de l'entreprise sont laissées identiques à leurs valeurs de 2007. Seuls le mécanisme du CIR change entre 2007 et 2008.

Annexe 5. Résultats détaillés des estimations

*Tableau A5 : Résultats détaillés des estimations de base
(Voir Tableau 3)*

PARAMETRES ESTIMES DU MODELE A CORRECTION D'ERREURS				
PERIODE	1981 - 2007		2004 - 2007	
	Estimation	Ecart-Type	Estimation	Ecart-Type
$\Delta \log(G(t-1))$	0.356 ***	(0.015)	0.099 ***	(0.026)
$\Delta \log(G(t-2))$	0.014	(0.009)	-0.043	(0.018)
$\Delta \log(V(t))$	0.063 ***	(0.003)	0.058 ***	(0.007)
$\Delta \log(V(t-1))$	-0.006 *	(0.003)	-0.021 **	(0.009)
$\Delta \log(V(t-2))$	-0.005 *	(0.003)	-0.013 **	(0.006)
$\Delta \log(C(t))$	0.003 *	(0.002)	0.013 **	(0.006)
$\Delta \log(C(t-1))$	0.002 ***	(0.002)	-0.012 *	(0.009)
$\Delta \log(C(t-2))$	0.000 ***	(0.002)	0.000	(0.006)
$\Delta CIR(t)$	0.023 *	(0.013)	0.043	(0.044)
$\Delta CIR(t-1)$	0.079 ***	(0.021)	0.196 **	(0.082)
$\Delta CIR(t-2)$	0.060 ***	(0.020)	0.106 ***	(0.041)
Erreur(t-1)	-0.109 ***	(0.004)	-0.327 ***	(0.016)
Log(V(t-1))	-0.041 ***	(0.004)	-0.219 ***	(0.017)
Log(C(t-1))	-0.114 ***	(0.005)	-0.303 ***	(0.021)
CIR(t-1)	-0.153 ***	(0.021)	-0.484 ***	(0.060)

Erreur = $\log(G) - \log(V) - \log(C) - CIR$

Estimation Intra-individuelle par période avec indicatrices temporelles (non reportées)
Ecart-type robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.

*** : significatif à 1%, ** : significatif à %, * : significatif à 10%.

Tableau A6 : Résultats détaillés des estimations par classe de taille
 (Voir Tableau 4)

PARAMETRES DU MODELE A CORRECTION D'ERREURS			
TAILLE	ENSEMBLE	MOINS DE 250 SALARIES	PLUS DE 250 SALARIES
$\Delta \log(G(t-1))$	0.099*** (0.026)	0.077** (0.031)	0.152*** (0.040)
$\Delta \log(G(t-2))$	-0.043** (0.018)	-0.057*** (0.021)	-0.013 (0.034)
$\Delta \log(V(t))$	0.058*** (0.007)	0.062*** (0.009)	0.054*** (0.011)
$\Delta \log(V(t-1))$	-0.021** (0.009)	-0.028 (0.012)	-0.011 (0.014)
$\Delta \log(V(t-2))$	-0.013** (0.006)	-0.014* (0.008)	-0.007 (0.009)
$\Delta \log(C(t))$	0.013** (0.006)	0.011 (0.007)	0.018 (0.015)
$\Delta \log(C(t-1))$	-0.012 (0.009)	-0.006 (0.009)	-0.038 (0.027)
$\Delta \log(C(t-2))$	0.000 (0.006)	0.007 (0.006)	-0.037* (0.020)
$\Delta CIR(t)$	0.043 (0.044)	0.015 (0.052)	0.085 (0.110)
$\Delta CIR(t-1)$	0.196** (0.082)	0.160* (0.096)	0.223 (0.192)
$\Delta CIR(t-2)$	0.106*** (0.041)	0.078 (0.050)	0.140* (0.072)
Erreur(t-1)	-0.327*** (0.016)	-0.361*** (0.019)	-0.258*** (0.030)
Log(V(t-1))	-0.219*** (0.017)	-0.236*** (0.021)	-0.180*** (0.027)
Log(C(t-1))	-0.303*** (0.021)	-0.346*** (0.024)	-0.204*** (0.043)
CIR(t-1)	-0.484*** (0.060)	-0.513*** (0.072)	-0.430*** (0.119)

Erreur = $\log(G) - \log(V) - \log(C) - CIR$.

Période : 2004 - 2007, Estimation Intra-individuelle.

Ecart-type robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.

*** : significatif à 1%, ** : significatif à %, * : significatif à 10%.

Tableau A7 : Résultats détaillés des estimations avec paramètres variables
 (Voir Tableau 5)

PARAMETRES ESTIMES DU MODELE A CORRECTION D'ERREURS			
PERIODE	Période 1 : 1981 - 1990	Période 2 : 1991 - 2003	Période 3 : 2004 - 2007
$\Delta \log(G(t-1))$		0.352*** (0.015)	
$\Delta \log(G(t-2))$		0.011 (0.009)	
$\Delta \log(V(t))$		0.059*** (0.004)	
$\Delta \log(V(t-1))$		-0.003 (0.003)	
$\Delta \log(V(t-2))$		-0.004 (0.003)	
$\Delta \log(C(t))$		0.002 (0.003)	
$\Delta \log(C(t-1))$		0.004* (0.002)	
$\Delta \log(C(t-2))$		0.002 (0.002)	
$\Delta CIR(t)$		-0.023 (0.015)	
$\Delta CIR(t-1)$		0.038* (0.021)	
$\Delta CIR(t-2)$		0.048** (0.020)	
Erreur(t-1)		-0.109*** (0.005)	
$\text{Log}(V(t-1))$	-0.0558*** (0.0086)	-0.0543*** (0.0087)	-0.0550*** (0.0087)
$\text{Log}(V(t-1)) * \text{Log}(L(t-1))$	0.0004 (0.0019)	0.0004 (0.0019)	0.0004 (0.0019)
$\text{Log}(V(t-1)) * \text{Log}(L(t-1))^2$	0.0001 (0.0002)	0.0001 (0.0002)	0.0001 (0.0002)
$\text{Log}(C(t-1))$	-0.1228*** (0.0159)	-0.1202*** (0.0157)	-0.1223*** (0.0161)
$\text{Log}(C(t-1)) * \text{Log}(L(t-1))$	0.0001 (0.0044)	0.0001 (0.0044)	0.0001 (0.0044)
$\text{Log}(C(t-1)) * \text{Log}(L(t-1))^2$	0.0002 (0.0003)	0.0002 (0.0003)	0.0002 (0.0003)
$CIR(t-1)$	-0.8082* (0.3555)	-0.3067* (0.1698)	-0.0543 (0.1138)
$CIR(t-1) * \text{Log}(L(t-1))$	0.1619 (0.1064)	0.0296 (0.0537)	-0.0020 (0.0440)
$CIR(t-1) * \text{Log}(L(t-1))^2$	-0.0095 (0.0077)	-0.0012 (0.0043)	-0.0021 (0.0043)

Les paramètres de court terme sont identiques pour les 3 sous-périodes.

Estimation intra-individuelle.

Ecart-type robuste à l'hétéroscédasticité et à l'autocorrélation de forme générale entre parenthèses.

*** : significatif à 1%, ** : significatif à 5%, * : significatif à 10%.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASMUSSEN, E. et C. BERRIOT (1993) : « Le crédit d'impôt recherche : coût et effet incitatif », note, Ministère de l'Economie et des Finances, Direction de la Prévision.
- ARELLANO, Manuel (1987) : “Computing Robust Standard Errors for Within-Groups Estimators”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 49, pp. 431 – 434.
- ARELLANO, Manuel and Steve R. BOND (1991) : « Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations »”, *Review of Economic Studies*, 58, pp. 277-297.
- AUERBACH, Alan J. (1983) : « Taxation, Corporate Financial Policy and the Cost of Capital », *Journal of Economic Literature*, 21, pp. 905-940.
- BERSTEIN, J. I. (1986) : « The Effect of Direct and Indirect tax Incentives on Canadian Industrial R&D Expenditures »”, *Canadian Public Policy*, 12(3), pp. 438-448.
- BLOOM, Nicholas, Rachel GRIFFITH et John VAN REENEN (2002) : « Do R&D tax credit work? Evidence from an international panel of countries 1979 - 1997 », *Journal of Public Economics*, 85, pp. 1 – 31.
- BOUND, John, David A. JAEGER, et Regina M. BAKER (1995) : « Problems With Instrumental Variables Estimation When the Correlation Between the Instruments and the Endogenous Explanatory Variable is Weak », *Journal of American Statistical Association*, 90(430), pp. 443 – 450.
- CAHU Paul, Lilas DEMMOU et Emmanuel MASSE (2010) : « L'impact macroéconomique de la réforme 2008 du crédit d'impôt recherche », *Revue Economique*, 61(2), pp. 313-339.
- CREPON, Bruno et Christian GIANELLA (2001) : « Fiscalité, Coût d'Usage du Capital et Demande de Facteurs : une Analyse sur Données Individuelles », *Economie et Statistique*, N° 341-342, 2001-1/2, pp. 107-128.
- CZARNITZKI, D., P. HANEL et J. M. ROSA (2011) : « Evaluating the Impact of R&D Tax Credit on Innovation : a Microeconometric Study on Canadian Firms », *Research Policy*, 40, pp. 219-229.
- DAGENAIS, Marcel, Pierre MOHNEN et Pierre THERRIEN (1997) : « Do Canadian Firms Respond to Fiscal Incentives to research and Development ? », Document de Travail N°97-34, CIRANO, Montreal.
- DORMONT, Brigitte (1983) : « Substitution et coûts des facteurs. Une approche en termes d'modèles à erreurs sur les variables », *Annales de l'INSEE*, 50.
- DUGUET, Emmanuel (2007) : « L'effet du crédit d'impôt recherché sur le financement privé de la recherche », Etude non publiée, Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche.

- EISNER, R, S.H. ALBERT et M.A. SULLIVAN (1986) : « The new incremental tax credit for R&D: Incentive or Disincentive », *National Tax Journal*, 37, pp. 171-183.
- GRILICHES, Zvi et Jacques MAIRESSE (1998) : « Production Functions: The Search for Identification », dans Z. Griliches, *Practicing Econometrics: Essays in Method and Application*, Cheltenham, UK: Elgar.
- GRIFFITH, R., D. SANDLER et J. VAN REENEN (1995) : « Tax Incentives for R&D », *Fiscal Studies*, 16, pp. 21-44.
- HAEGELAND, T. et J. MOEN (2007) : « The Relationship between the Norwegian R&D Tax Credit Scheme », Statistics Norway Report 2007/47.
- HALL, Robert E. et Dale W. JORGENSON (1967) : « Tax Policy and Investment Behavior », *American Economic Review*, 59(June), pp. 388-401.
- HALL, Bronwyn H. (1993) : « R&D Tax Policy During the 1980s: Success or Failure? », in James M. POTERBA edt. : *Tax Policy and the Economy*, 7, NBER, pp. 1-35.
- HALL, Bronwyn H. et John VAN REENEN (2000) : « How Effective are Fiscal Incentives for R&D? A Review of Evidence », *Research Policy*, 29, 449-469.
- IENTILE, Damien et Jacques MAIRESSE (2009) : « A Policy to Boost R&D : Does the R&D Tax Credit Work ? », *European Investment Bank Papers*, 14(1), pp. 114-168.
- JAUMOTTE, F. et N. PAIN (2005) : « An Overview of Public Policies to Support innovation Economics », OECD Economic Department Working Papers, N°456, Paris : OECD.
- JORGENSON, Dale W. (1963) : « Capital Theory and Investment Behavior », *American Economic Review*, 53, pp. 247-259.
- LOKSHIN, D. et P. MOHNEN (2008) : « How Effective are level-based R&D Tax Credits? Evidence from the Netherlands », UNU-MERIT Working Paper N°34, University of Maastricht.
- MAIRESSE, Jacques, et Benoît MULKAY (2004) : « Une évaluation du Crédit d'Impôt Recherche en France (1980-1997) », *Revue d'Economie Politique*, 114(6), pp.747-778.
- MANSFIELD, E. (1985) : « The R&D Tax Credit and Other Technology Policy Issues », *American Economic Review*, 76(2), pp. 190-194.
- MANSFIELD, E. et L. SWITZER (1985) : « The effects of R&D tax credits allowances in Canada », *Research Policy*, 14, pp. 97-107.
- MAYER (1986) : « Corporation Tax, Finance and the Cost of Capital », *Review of Economic Studies*, pp. 93-112.
- MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE : « Guide du Crédit d'Impôt Recherche», Document Internet : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid20358/le-credit-d-impot-recherche-cir.html>.
- MESR (2008) : « Rapport au Parlement sur le CIR 2007 ». MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE, Accessible sur le site du MESR : <http://enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid49931/cir-statistiques-rapports-et-etudes.html>
- MESR (2010) : « Rapport au Parlement sur le CIR 2009 ». MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE, Accessible sur le site

du MESR : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid51055/rapport-parlement-sur-credit-impot-recherche-2009.html>

MESR (2011) : « Rapport au Parlement sur le CIR 2010 ». MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE, Accessible sur le site du MESR : <http://enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid49931/cir-statistiques-rapports-et-etudes.html>

NICKELL, Stephen, J. (1981) : « Biases in Dynamic Models with Fixed Effects », *Econometrica*, 49, pp. 1399-1416.

STAIGER, D. and James H. STOCK (1997) : « Instrumental Variables Regression with Weak Instruments », *Econometrica*, 65, pp. 557-586.

STIGLITZ, Joseph, E. (1973) : « Taxation, Corporate Financial Policy and the Cost of Capital », *Journal of Public Economics*, 2, pp. 1-34.

SUMMERS, Larry (1981) : « Taxation and Corporate Investment : A q-theory approach », *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 67-127.

WARDA, Jacek (2006) : « Tax Treatment of Business Investments in Intellectual Assets : an International Comparison », OECD Working Paper N°2006-4, OECD – STI Department, Paris : OECD.

Remerciements

Nous remercions pour leurs remarques et suggestions Frédérique Sachwald, Benoit Masquin, Dominique Guellec, Pierre Mohnen et Maryline Rosa, ainsi que les membres du Comité de Pilotage de l'étude : Christine Costes, Pierre Fery, Pauline Givord, Claire Lelarge, Luis Miotti, Thomas Pautrat et Nicolas Riedinger.