

L'efficacité des aides publiques à l'innovation des entreprises en France

1420

Résumé. *La France apparaît désormais comme le pays de l'OCDE le plus engagé dans le soutien à la R&D des entreprises, avec des financements directs et indirects importants (OECD, 2008). Pour autant les évaluations des politiques publiques restent peu nombreuses¹. La réforme 2008 du CIR ne pourra être prise en compte qu'avec les données disponibles, soit jusqu'en 2008. L'objectif de nos études (deux études sont en cours pour la période 1993-1997 et 1999-2008) d'évaluation d'impact est donc plus large que le CIR (Crédit d'Impôt Recherche). Elles visent à déterminer l'impact des différents types de financements publics de la R&D des entreprises au cours des deux dernières décennies (1990-2008). Dans ce but, nous commençons (pour la période 1993-1997) une estimation en économétrie de panel l'impact de trois aides publiques françaises (Crédit d'Impôt Recherche, ANVAR² et ATOUT) sur la valeur commerciale de l'innovation des firmes du secteur concurrentiel, mesurée par leur chiffre d'affaires en produits innovants. Les autres dépenses publiques de recherche sont considérées comme externalités entrantes. L'équation testée est issue d'un modèle théorique. Les estimations montrent que l'efficacité de chaque aide dépend fortement du type d'entreprise auquel elle s'adresse. La recherche publique est source d'externalités positives pour les firmes privées. Ces résultats sont conformes aux objectifs du décideur public et aux résultats normatifs du modèle théorique.*

Abstract. *We analyse the impact of 3 French public aids (during the period of 1993 to 1997) to R&D, i.e. CIR, ANVAR and ATOUT, on the commercial gains from innovation measured by the firm's sales in innovative products. The other public R&D programmes are considered as spillovers at the industry level. The estimated equation derives from a clearly defined theoretical model. The estimations show that the impact of each aid depends on the type of firm that receives it. The Research Tax Credit (CIR) is efficient for all firms and it is well tailored to a global, non specific aid to R&D. ANVAR is effective for small and medium size firms, and ATOUT for certain small firms. Public research has a positive impact through spillovers. These outcomes are consistent with both the public authorities' objectives and the normative results of the theoretical model.*

Classification J.E.L. : C1, C2, F3, L2

Mots clés : Aides publiques à l'innovation, Innovation, R&D.

¹ Voir cependant les Rapports au Parlement sur le CIR et notamment MESR (2008).

² ANVAR s'appelle maintenant Oséo. Oséo est issu du rapprochement en 2005 de l'AVAR (*agence nationale de valorisation de la recherche*), et de la BDPME (*Banque du Développement des PME*, elle-même issue de la fusion de la Caisse des marchés de l'État, du Crédit d'équipement des PME et du Crédit Hôtelier).

1. Introduction

Après la seconde guerre mondiale, la plupart des pays avancés ont créé des institutions publiques dans le but de promouvoir et soutenir les activités de recherche et développement (R&D) à usage civil.

La guerre froide a favorisé l'élaboration de programmes publics de recherche technologique, civils et/ou militaires, ainsi que le développement de travaux de recherche financés par l'État et exécutés par le secteur privé (Cohen et Noll, 1991). A ce partenariat public-privé dans le financement et la mise en œuvre de la recherche, se sont ajoutées des actions spécifiques d'aide à la R&D des firmes du secteur marchand. Dans ce but, les pays ont adopté des mesures fiscales et des procédures de subventions en vue d'inciter les entreprises à s'engager dans des projets de recherche et d'innovation.

L'aide publique à la R&D se fonde sur plusieurs spécificités de l'activité de recherche : caractère non rival et cumulatif des connaissances produites, existence d'externalités, incertitude forte et imperfection du marché du crédit, présence de coûts fixes et de coûts irrécupérables qui découragent les PME etc. En conséquence, les objectifs d'une politique d'aide à la recherche sont multiples (création de nouvelles connaissances, diffusion des externalités, mise en commun de certains coûts, substitution aux marchés du crédit déficients etc.), même si le but ultime reste l'amélioration du bien être social. Pour atteindre ces objectifs, l'Etat dispose de plusieurs outils. Il peut mettre en œuvre et financer des programmes de recherche, favoriser la R&D dans des domaines qui touchent ses actions prioritaires, ou encore favoriser la R&D en général pour pallier certaines déficiences du marché. Dans ce dernier cas, il s'agit habituellement d'aider les firmes à entreprendre et développer des activités de recherche par une baisse des coûts induits. Plusieurs procédures sont alors envisageables, qui peuvent être classées selon qu'elles sont forfaitaires ou proportionnelles aux dépenses engagées, individualisées ou générales, par financement direct de la firme ou par prise en charge de certaines fonctions liées à l'activité de R&D par des organismes publics.

Le développement de l'intervention publique en faveur de la R&D a donné naissance à une littérature abondante qui vise à estimer l'influence de ces politiques. En effet, l'intervention publique peut s'avérer néfaste lorsqu'elle s'accompagne de processus d'éviction où la recherche promue par l'Etat se substitue à la recherche privée. Les différents travaux se distinguent suivant la variable endogène qui permet d'évaluer l'impact des interventions publiques (effort de R&D, brevets déposés, productivité etc.), le niveau de l'analyse (pays, secteur, firme), la période retenue, la méthode économétrique etc. Malgré l'hétérogénéité des résultats, une majorité d'estimations montre un impact positif, tant de la recherche publique que de l'aide publique à la R&D, sur la recherche privée et la performance des firmes. Cette efficacité dépend néanmoins des programmes et des procédures suivies.

En France, comme dans la plupart des pays industrialisés, le financement public de la recherche et de l'innovation s'effectue par plusieurs canaux et procédures : crédits militaires, contrats civils de R&D liés à l'exécution des grands programmes technologiques, crédits incitatifs des ministères (Minefi, Défense, MENRT) et d'organismes publics (ANVAR, CNES, CEA), crédits d'impôt recherche (CIR), crédits communautaires et d'organisations internationales, financements régionaux.

Notre objectif est d'analyser, dans le cas français, l'influence du financement public sur l'innovation des entreprises. Dans cette optique, nous estimons l'impact de trois aides publiques particulières : CIR, ANVAR et ATOUT. Les autres formes d'aide publiques, en particuliers les crédits militaires et les grands programmes technologiques, sont introduites comme externalités à un niveau sectoriel très fin. L'estimation de l'impact des aides porte sur la *valeur commerciale* de l'innovation des firmes, mesurée par leur chiffre d'affaires en

produits innovants. Ce choix constitue une originalité de notre étude comparée à la littérature empirique traditionnelle, qui privilégie les dépenses en R&D, le nombre de brevets déposés, ou la productivité comme indicateurs d'innovation. Il permet en conséquence de réduire fortement certains biais liés à ces indicateurs. L'analyse est centrée sur les innovations de produits (produits purs ou produits et procédés), puisque les innovations de procédés purs sont absentes de l'analyse par définition même de la variable dépendante. Enfin, l'équation estimée est issue d'un modèle théorique permettant de représenter le comportement d'innovation de produit d'une firme en concurrence monopolistique.

Les différentes estimations montrent que l'efficacité de chaque aide dépend fortement du type d'entreprise auquel elle s'adresse. Le Crédit d'Impôt Recherche (CIR) est une procédure efficace pour tous les types d'entreprise. Il est clairement adapté à un objectif d'aide globale et non ciblée à la R&D. Les procédures ANVAR s'avèrent efficaces pour aider les PME. ATOUT apparaît efficace pour certaines PME. Enfin, les estimations confirment que la recherche publique est source d'externalités pour les firmes du secteur marchand.

La suite du papier s'organise en cinq sections. La section 2, consacrée à l'impact de l'aide publique à l'innovation, présente ses motifs et une revue de la littérature empirique sur le sujet. La section 3 présente les trois procédures d'aide étudiées. L'approche théorique qui sous-tend l'analyse empirique et ses principaux enseignements en termes de politiques d'aide sont ensuite examinés (section 4). La section 5 construit le modèle empirique induit et présente les variables et bases de données utilisées. Les principaux résultats des estimations sont enfin exposés et discutés en section 6.

2. L'impact de l'aide publique à la R&D

2.1. Raisons et limites de l'aide publique à la Recherche-Développement

La justification d'une intervention publique en faveur de la recherche s'appuie sur plusieurs caractéristiques de l'activité de R&D :

- (i) La R&D engendre des connaissances, qui sont un produit non rival présentant des difficultés d'appropriation.
- (ii) Les connaissances sont cumulatives et créent des externalités positives, ces propriétés étant à la base de nombreux modèles de croissance endogène (Romer, 1990, Grossman et Helpman, 1991, Aghion et Howitt, 1992) ou semi-endogène (Jones, 1995).
- (iii) L'activité de R&D est soumise à une incertitude sur ses résultats, d'autant plus sensible que l'on se place en amont du processus (recherche fondamentale, premières applications).
- (iv) En conséquence, l'accès au crédit est fortement gêné par l'impossibilité, dans de nombreuses situations, d'évaluer les risques encourus.
- (v) Les gains de la recherche, même très importants, peuvent se situer à long terme ; leur rentabilité actuelle peut être limitée, surtout en cas de difficultés d'appropriation croissantes avec le temps.
- (vi) Enfin, l'activité de R&D est marquée par des coûts fixes et des coûts irrécupérables souvent élevés.

Les trois dernières caractéristiques sont particulièrement pénalisantes pour les petites et moyennes entreprises (PME).

Ces caractéristiques incitent l'Etat à intervenir :

(i) L'existence d'externalités implique un sous-investissement privé dans la R&D en termes d'optimum social, ce qui justifie une action visant à augmenter la recherche privée en général pour améliorer le bien être et stimuler la croissance.

(ii) Dans les cas de très forte incertitude et de difficultés d'appropriation, l'Etat peut mener et/ou financer lui-même la recherche; la recherche fondamentale est caractéristique de ce type de situation.

(iii) Des actions spécifiques peuvent être entreprises qui visent à mutualiser, répartir ou réduire certains coûts fixes et irrécupérables (veille et information technologiques, coûts de dossiers pour l'obtention de crédits etc.), et/ou à pousser les coopérations inter-firmes (formation de consortiums).

(iv) Des actions favorisant les transferts technologiques et la captation des externalités permettent à la fois de baisser les coûts de recherche des firmes, d'augmenter l'efficacité de leurs activités de R&D, d'éviter les doublons et, finalement, de pousser la croissance. Les mêmes objectifs peuvent être atteints en favorisant l'instauration de coopérations entre firmes et organismes publics de recherche (Universités, laboratoires spécialisés).

(v) Enfin, des aides centrées sur les PME ont pour objectif de leur permettre d'entreprendre des activités de R&D en abaissant les coûts prohibitifs supportés par ce type de firme.

Dans la mise en œuvre de ces politiques, les pouvoirs publics peuvent faire appel à une palette large de moyens : création d'organismes publics *ad hoc*, réduction d'impôts, aides spécifiques, financements sur projets etc.

L'intervention publique n'est toutefois pas exempte d'inefficacité et d'effets d'éviction sur la recherche privée. Le financement public est totalement inefficace lorsqu'il se substitue au financement privé sans augmenter l'effort global de R&D. De plus, les recherches proprement publiques, ou les recherches privées subventionnées par le décideur public, mobilisent des ressources qui pourraient être utilisées dans des recherches alternatives. Si les objectifs du décideur public, par exemple militaires, sont moins productifs que les cibles privées, ou si le marché est plus efficient que le décideur public dans le choix des recherches prioritaires, les processus d'éviction sont porteur d'inefficacités allocatives, et donc de pertes de bien être.

Il est donc légitime d'estimer les effets des interventions publiques sur la R&D et, plus largement, sur les performances macro et micro-économiques.

2.2. L'impact des aides publiques : une brève revue de la littérature empirique

Depuis les années soixante, de nombreux travaux empiriques ont étudié l'impact de la recherche et des aides publiques sur la R&D privée. L'étude de l'impact des interventions publiques consiste habituellement à estimer une fonction du type :

$$\text{Variable endogène mesurant l'efficacité} = F(\text{Aides publiques, autres variables})$$

Dans leur revue de littérature, David *et al.* (2000) présentent 30 contributions, dont sept au niveau agrégé (pays), cinq au niveau sectoriel, et 14 au niveau microéconomique (firmes, lignes d'activité et laboratoires)³. Dans un travail plus récent, Garcia-Quevedo (2003) recense 38 études réparties sur les trois niveaux. Les travaux peuvent être classés suivant trois impacts possibles de la recherche et des aides publiques sur la R&D privée. Recherches publique et privée sont *complémentaires* si l'effort public se traduit par une hausse de l'effort privé net (c.a.d. hors aide publique). Elles sont *substituables* si l'effort public entraîne une baisse des efforts privés, aboutissant donc à un processus d'éviction. Enfin, l'impact de l'action publique est *neutre* ou *non significatif* lorsque l'effort public s'additionne à l'effort privé sans le modifier.

³ Voir également les *surveys* de Capron et van Pottelsbergue (1997) et Klette, Moen et Griliches (2000).

Les résultats des différentes études sont assez contrastés. Le tableau 1 présente de façon très synthétique les caractéristiques et résultats des principales estimations microéconométriques.

Tableau 1 ici

Les tableaux 2 et 3 répartissent les travaux recensés par David *et al.* (2000) et Garcia-Quevedo (2003) suivant leur niveau d'analyse et leurs résultats en termes d'impact.

Tableaux 2 et 3 ici

Les études diffèrent très sensiblement, non seulement suivant le niveau où est menée l'estimation (pays, secteur, firme), mais également suivant la variable endogène représentant l'effort privé de R&D, les variables explicatives rendant compte de l'aide publique, les variables de contrôle, la méthode économétrique employée, la période étudiée, le nombre d'observations etc. Cette profonde hétérogénéité explique sans doute l'ambiguïté du diagnostic qui peut être tiré des différents travaux. On peut toutefois souligner certains résultats saillants :

- (i) Les études menées au niveau des pays et au niveau sectoriel révèlent très majoritairement une complémentarité.
- (ii) Les études microéconomiques sont beaucoup plus ambiguës.
- (iii) Globalement, la complémentarité l'emporte sur la substituabilité, même si ce diagnostic doit, comme le soulignent David *et al.*, être porté avec précaution.

3. Les procédures d'aide et les entreprises aidées

Nous commençons par décrire les 3 procédures étudiées. Nous proposons ensuite une typologie des aides et nous distinguons les trois aides suivant cette classification. Nous examinons enfin les caractéristiques observées des entreprises utilisatrices.

3.1. Procédures d'attribution des trois types d'aide

Les trois aides étudiées visent la diffusion ou la création de technologie. Ces trois dispositifs sont nés à quelques années d'intervalle. L'ANVAR (Agence Nationale de Valorisation de la Recherche) a été créée en 1979, le crédit impôt recherche (CIR) en 1983 et la procédure ATOUT en 1984. Le CIR concerne toutes les entreprises, quelle que soit leur taille, alors que les deux autres aides sont accordées aux entreprises de moins de 2 000 salariés. Les entreprises soumettent un projet à l'organisme gestionnaire de l'aide qui l'examinera aussi bien sous l'angle technique qu'économique.

Le crédit impôt recherche (CIR) est attribué aux entreprises dont les dépenses de recherche sont en progression par rapport à la moyenne des deux années précédentes, à condition (sauf exception) qu'elles aient fait régulièrement des déclarations de dépenses de recherche auprès de l'administration. De ce fait, toutes les entreprises inscrites dans les répertoires CIR n'obtiennent pas de crédit d'impôt recherche chaque année. Cette aide porte essentiellement sur les dépenses de recherche ou sur la prise et maintenance de brevets ; elle est donc orientée vers la création de technologie. Cette aide est plafonnée à 40 millions de francs depuis 1991.

Les aides ATOUT facilitent l'adoption par les entreprises de technologies déjà éprouvées (composants électroniques relativement sophistiqués, utilisation de matériaux nouveaux, informatisation des entreprises). Deux types d'aide existent, des aides à la faisabilité et des aides à la réalisation. Si l'aide à la faisabilité montre l'intérêt d'adopter une technologie, l'entreprise peut ensuite obtenir une aide pour réaliser le projet. Ces aides s'adressent avant tout aux PME en retrait par rapport à la création technologique mais qui peuvent rattraper ce retard. Des trois types de financement étudiés, ATOUT est celui qui distribue les aides les moins fortes : à hauteur de 50 % au maximum des projets avec un plafond de 0,3 million de francs pour les subventions et de 1 million de francs pour les avances remboursables (uniquement pour la réalisation).

Les aides de l'ANVAR occupent une position intermédiaire par rapport aux deux précédentes. L'ANVAR finance la diffusion technologique (en particulier des laboratoires publics vers l'entreprise) et, surtout, la création technologique, privilégiant les innovations radicales. Elle finance essentiellement des projets de R&D, mais aussi des recrutements d'ingénieurs et de chercheurs. Elle opère par avances remboursables et subventions.

3.2. Classification des aides

Nous présentons dans un premier temps une typologie des aides publiques à l'innovation suivant plusieurs critères. Les trois aides étudiées sont alors identifiées en utilisant cette classification.

Typologie des aides

Plusieurs critères peuvent être utilisés pour caractériser les aides publiques à l'innovation.

Les aides peuvent d'abord être *forfaitaires ou proportionnelles*. Dans le premier cas, elles ne dépendent pas du montant de l'effort d'innovation engagé. Elles sont néanmoins plafonnées et conditionnées par certaines caractéristiques : le secteur, le type de frais engagés (faisabilité, informatisation etc.), la taille de l'entreprise. A l'inverse, les aides proportionnelles dépendent du niveau de l'effort d'innovation entrepris. Elles peuvent néanmoins être proportionnelles à certains coûts spécifiques.

Les aides peuvent être *individualisées ou générales*. Pour les aides individualisées, l'aide est habituellement déterminée sur dossier, donc en fonction du projet de la firme. Elle dépend alors, au moins partiellement, d'une procédure de négociation. Dans le cas des aides générales, il existe, sous certaines conditions, une aide dont l'attribution et le montant sont définis selon des critères identiques pour toutes les entreprises.

L'aide peut consister, soit en un *financement* des dépenses directement menées par la firme, soit en la *substitution* à la firme d'un organisme spécialisé pour certaines opérations liées à la R&D. Ce dernier type d'aide est particulièrement adapté à la prise en charge d'opérations (études de faisabilité, informations technologiques etc.) qui constituent des coûts irrécupérables et sont caractérisées par de fortes économies d'échelle.

Les aides peuvent concerner *l'ensemble des coûts, les seuls coûts variables ou les seuls coûts fixes*. Cette distinction est importante dans la mesure où l'innovation est marquée par des coûts fixes et des coûts irrécupérables non négligeables, qui peuvent être prohibitifs dans le cas de PME. Ainsi, une aide ciblée sur les coûts fixes peut faire passer certaines entreprises d'une position non innovante à une position innovante.

Enfin, certaines aides peuvent être *spécifiques*. Elles concernent alors certains coûts particuliers (coûts d'informatisation, coûts liés au risque), certaines activités spécifiques liées à la R&D (étude de faisabilité) etc.

Caractéristiques des trois types d'aide

Chacune des 3 aides allie différentes procédures, (i) qui combinent plusieurs critères qui viennent d'être définis, et (ii) qui peuvent présenter des caractéristiques opposées suivant la procédure mise en œuvre. Chaque aide présente toutefois des traits dominants au regard des critères présentés :

Aides	Caractéristiques
CIR	<ul style="list-style-type: none"> - Aide proportionnelle à l'augmentation de l'ensemble des coûts. - Aide générale. - Aide par financement.
ATOUT	<ul style="list-style-type: none"> - Aide individualisée, visant les PME - Aide forfaitaire ou proportionnelle, portant prioritairement sur les coûts fixes irrécupérables (faisabilité). - Aide par financement et par substitution.
ANVAR	<ul style="list-style-type: none"> - Aide individualisée - Forfaitaire ou proportionnelle - Aides spécifiques. - Aide par financement et par substitution.

Il est clair que :

- (i) Le CIR est une aide générale et proportionnelle. De plus, elle touche essentiellement les coûts variables car elle est proportionnelle à la variation de l'effort.
- (ii) ATOUT est une aide individualisée, à forte composante forfaitaire ou proportionnelle aux coûts fixes.
- (iii) ANVAR est une aide individualisée à forte composante spécifique.

3.3. Les firmes aidées

Les tableaux 4-8 présentent les principales caractéristiques des firmes aidées.

Tableaux 4 à 8 ici

Les aides distribuées présentent les caractéristiques suivantes:

- Le CIR est très nettement la principale forme d'aide, tant du point de vue du nombre d'entreprises aidées que du montant total des aides (tableau 4)
- Le CIR est plutôt utilisé par les grandes entreprises, Atout et ANVAR par les PME, tant en nombre d'entreprises aidées qu'en montants d'aide (tableaux 5 et 6). Cette répartition est conforme aux conditions d'attribution. En termes de montant et relativement à la valeur ajoutée des firmes, les trois types d'aide favorisent les PME (tableau 6).
- Les aides sont essentiellement sollicitées par des firmes situées dans les secteurs à haute et moyenne-haute technologies (tableau 7 et 8).

Remarque : L'étude n'étudie qu'une partie des aides attribuées car elle porte sur les firmes de plus de 20 salariés, alors que les aides ANVAR et ATOUT d'adressent également aux entreprises de moins 20 salariés.

4. Le modèle théorique et l'impact des politiques d'aide

Nous construisons un modèle théorique centré sur l'innovation de produit, (i) qui détermine le chiffre d'affaires en produits innovants de la firme, et (ii) qui établit certains résultats en termes d'efficacité des aides publiques à l'innovation.

4.1. L'architecture générale du modèle

Soit une firme j multi-produit, appartenant au secteur s , et qui veut créer un nouveau produit différencié i . La fonction de demande potentiellement adressée au bien i est :

$$x_i = \frac{a_i}{p_i} \left(\frac{B_j}{p_i} \right)^{\varepsilon} \quad (1)$$

où p_i est le prix du bien i , $\varepsilon > 1$ l'élasticité prix de la demande, B regroupe les effets liés aux qualités et prix des autres biens du secteur, au poids du secteur dans la demande globale, et au revenu global. La fonction x_i se déduit d'un modèle de demande à la Dixit-Stiglitz (1977).

Le coefficient a_i mesure la position qualitative du bien i par rapport aux biens concurrents, et il détermine la part que peut s'octroyer le produit i sur le marché du secteur s . Il rend compte à la fois de l'avance technique du produit, de sa fiabilité, et de son adaptation aux besoins et aux goûts des demandeurs.

L'innovation de produit consiste à créer, par une activité de R&D, un nouveau bien de qualité a_i . Pour simplifier, nous supposons (i) que le bien nouveau a une durée de vie limitée à une période, et (ii) que son invention s'opère sur la période précédente. L'unité de temps peut évidemment être choisie pour représenter plusieurs années.

Nous supposons enfin qu'il existe un facteur de production composite H , de prix (exogène pour la firme) w_H , qui est à la fois utilisé pour produire le bien et pour l'activité de R&D.

L'activité de R&D détermine la valeur du coefficient a_i . Sa mise en œuvre nécessite d'abord l'utilisation d'une quantité fixe de facteur \bar{H}_a , soit un coût fixe $w_H \bar{H}_a$. Une fois cette dépense initiale réalisée, la fonction de R&D s'écrit :

$$a_i = \frac{f_j}{Z_j} \left(\frac{B_j}{p_i} \right)^{\lambda} \quad (2) \quad 0 < \lambda < 1, \quad 0 < B_j < 1$$

f_j est un indicateur d'efficacité de l'activité de la R&D, qui dépend de la taille et des compétences de la firme j ;

$0 < \lambda < 1$ signifie que la productivité marginale des chercheurs est décroissante;

\bar{H}_a est la quantité de facteur H alloué par la firme j à la R&D pour la création du bien i , en plus du montant fixe \bar{H}_a ;

Z_j , Z_{2j} et Z_{2s} représentent respectivement les connaissances contenues dans les biens produits par j , par les autres firmes du secteur s , et par les firmes des autres secteurs.

Les coefficients \cap_j et B_j mesurent la captation des externalités (*spillovers*) d'innovation. Ces coefficients sont indicés j car les firmes présentent des compétences différentes pour la captation des externalités potentielles. Nous supposons par ailleurs que \cap_j et B_j sont croissants avec la taille de l'entreprise, notée \dots . Enfin, une firme capte une plus grande part des connaissances qualitatives de son secteur d'appartenance que des autres secteurs ($B_j > B_{j'}$).

Le coût total de R&D évalué à la période de production du bien i (soit une période après la mise en œuvre de la R&D) s'écrit alors:

$$c_{R\&D}^i = \frac{w_H}{\phi} \left(\frac{1}{\epsilon} + \epsilon \right) H_i \quad (3)$$

où r est la taux d'intérêt à risque nul, et ϵ_j la prime de risque payée par la firme j , qui dépend négativement de sa taille : $\epsilon_j = \dots \left(\frac{1}{H_j} \right)$, $\frac{d\epsilon_j}{dH_j} < 0$.

La fonction de production du bien i est : $H_i^{\frac{1}{\theta}} = Z$, où H_i est la quantité de facteur utilisée dans la production de i . La fonction de coût est donc :

$$c_{prod}^i = w_H Z \quad (4)$$

où w_H est le coût variable et $w_H Z$ le coût fixe.

4.2. L'optimum de la firme et la décision d'innover

La firme en situation de concurrence monopolistique maximise son profit $M_i = p_i y_i - c_{prod}^i - c_{R\&D}^i$ sous quatre contraintes : la fonction de demande inversée issue de l'équation (1) ; la fonction de R&D (2) ; le coût de production (4) ; enfin, le coût de R&D (3). Le coût unitaire du facteur H est noté w_H dans la fonction de production, \hat{w}_H dans la fonction de R&D et \tilde{w}_H pour les coûts fixes de R&D. Cette triple notation permet de différencier les coûts suivant leur origine (production, coûts variables et coûts fixes de R&D), ce qui peut être très utile lorsque l'on analyse l'impact de différents types d'aide à la R&D.

Les valeurs d'équilibre à l'optimum de la firme sont alors:

$$p_i = \frac{J}{J-1} \quad (5)$$

$$y_i = \left(\frac{1}{\phi} \right)^{\frac{\theta}{1-\theta}} \frac{\phi \alpha \theta_{ij} AB^{-1/\theta}}{\tau_{ij} \tilde{w}_H + w_H} \quad (6)$$

$$a_i = \left(\frac{1}{\phi} \right)^{\frac{\theta}{1-\theta}} \frac{\phi \alpha \theta_{ij} AB^{-1/\theta}}{\tau_{ij} \tilde{w}_H + w_H} \quad (7)$$

$$H_{R\&D}^i = \left(\frac{1}{\phi} \right)^{\frac{1}{1-\theta}} \frac{\phi \alpha \theta_{ij} AB^{-1/\theta}}{\tau_{ij} \tilde{w}_H + w_H} \quad (8)$$

$$M_i = \frac{1}{J} \frac{\phi \alpha \theta_{ij} AB^{-1/\theta}}{\tau_{ij} \tilde{w}_H + w_H} \frac{\theta}{1-\theta} \frac{\phi \alpha}{\phi} \frac{J-1}{J} w_H \quad (9)$$

Pour que l'entreprise mette en œuvre l'activité de R&D qui crée le nouveau produit i , il faut que le profit induit soit positif ($M_i > 0$), ce qui détermine la condition :

$$\frac{1}{J} \frac{\phi \alpha \theta_{ij} AB^{-1/\theta}}{\tau_{ij} \tilde{w}_H + w_H} \frac{\theta}{1-\theta} \frac{\phi \alpha}{\phi} \frac{J-1}{J} w_H > w_H \quad (10)$$

La condition (10) signifie que le profit hors coûts fixes (membre de gauche), qui est toujours positif, doit couvrir les coûts fixes (membre de droite).

Ainsi, le processus de décision de la firme peut être résumé comme suit :

1. La firme calcule les valeurs optimales correspondant aux équations (5)-(9).
2. Si la firme atteint un profit positif à l'optimum, donc si la condition (10) est respectée, elle entreprend l'investissement en R&D défini par l'équation 8, et décide de produire à la période suivante la quantité y_i (équation 6) de qualité a_i (7) qu'elle vend au prix p_i (5).
3. Si elle ne peut atteindre un profit positif (la condition (10) n'est pas respectée), elle ne fait pas de R&D et le produit i n'est pas créé.

4.3. Le chiffre d'affaire en produit innovant

Le chiffre d'affaire total liée au produit innovant i , Q_i^j s'écrit :

$$Q_i^j = \frac{\varphi_j \beta \theta^{11}}{\tau_j \varepsilon} \frac{J_j \Xi_j \hat{w}_j}{\phi \varepsilon} \frac{J_j^{21} \varphi_j \alpha_j^\theta}{\tau_j \varepsilon} \frac{\theta}{12\theta} \varphi_j \alpha_j \left(\int_j AB \right)^{1/\theta} \frac{\theta}{12\theta} \quad (11)$$

L'indicateur Q_i^j mesure la valeur commerciale de l'innovation de produit i pour la firme j .

4.4. L'impact des aides à l'innovation

a) Les canaux de transmission des aides publiques

Les aides publiques peuvent modifier plusieurs variables du modèle, qui sont autant de canaux de transmission.

Lorsque l'aide vise uniquement à baisser les coûts fixes, elle réduit les valeurs \tilde{w}_H et/ou \bar{H}_a , par subvention, prise en charge direct de certaines opérations etc. Dans ce cas, l'aide augmente le profit (relation 9), mais n'a aucune influence sur les autres valeurs optimales (relations 5 à 8), et donc sur le chiffre d'affaires en produit innovant. Elle peut néanmoins pousser une firme non innovante à innover en baissant le membre de droite de l'inégalité (10).

Lorsque l'aide vise uniquement à réduire directement le coût variable, elle doit, soit abaisser la valeur \hat{w}_H , soit accroître l'efficacité de la R&D de la firme en rehaussant les coefficients f_j (productivité de la R&D), γ_j et B_j (capacité de la firme à capter les externalités). Ces types d'aide augmentent à la fois le profit (équation 9), l'effort de R&D (équation 8), et le chiffre d'affaire en produit innovant (équation 11). Elle peut également permettre à une entreprise non innovante de devenir innovante, en augmentant le membre de gauche de la condition (10).

Enfin, une aide visant à réduire le coût du crédit pour l'entreprise abaisse le taux d'intérêt $r + \Xi_j$. Ce type d'aide diminue à la fois les coûts fixe et variable, augmente le profit, l'effort de R&D et le chiffre d'affaire en produit innovant. Elle peut également favoriser le passage d'une position non innovante à une position innovante.

Les aides ANVAR et ATOUT combinent plusieurs canaux examinés ici.

b) Efficacité des types d'aide

Conformément au schéma décisionnel présenté plus haut, l'aide peut agir sur les deux stades du choix de la firme. Elle peut d'abord la faire passer d'une situation de non innovation

($\pi_i < 0$) à une situation d'innovation ($\pi_i > 0$). Elle peut également, une fois adoptée la décision d'innover, pousser l'effort net (hors aide publique) d'innovation de la firme.

Résultat 1. *Une aide proportionnelle générale sur les coûts variables d'innovation augmente l'effort net en R&D des firmes. Elle peut également pousser certaines firmes à innover.*

Ce type d'aide, qui correspond à une baisse de \hat{w}_H , augmente l'effort net de R&D hors coût fixe, et donc le chiffre d'affaires en produit innovant, car l'élasticité de H_{ai} par rapport à \hat{w}_H

est supérieur à l'unité : $\frac{\partial H_{ai}}{\partial \hat{w}_H} \frac{\hat{w}_H}{H_{ai}} > 1$. Il se traduit donc par une complémentarité

entre aide publique et R&S privée. De plus, il peut pousser une firme non innovante à innover en baissant le membre gauche de l'inégalité (10).

Résultat 2. *Une aide forfaitaire et/ou une aide proportionnelle sur coûts fixes se substitue aux dépenses de R&D d'une firme qui, hors intervention publique, a décidé d'innover, et donc respecte la condition (10).*

Une aide forfaitaire ou proportionnelle sur coûts fixe de R&D (par exemple, une baisse de \tilde{w}_H) entraîne une hausse du profit mais ne modifie pas les valeurs optimales autres que M , et n'a donc aucun impact sur l'effort d'innovation si la condition (10) est vérifiée. L'aide se substitue aux dépenses que la firme aurait, de toute façon, réalisées.

Résultat 3. *Une aide individualisée visant les coûts fixes est adaptée pour faire passer une firme d'une situation de non innovation à une situation d'innovation, c.a.d. visant au respect de la condition (10) sans modifier les valeurs optimales définies par les relations (5)-(8).*

Lorsque l'entreprise n'entreprend pas d'effort d'innovation en raison de coûts fixes trop élevés, l'action publique vise à augmenter le profit, de façon à respecter la condition (10). Dans ce cas, qui concerne essentiellement les PME, l'Etat a intérêt à octroyer à la firme un montant exactement égal à l'écart entre le profit hors coûts fixes et les coûts fixes. Cela ne modifie pas les valeurs optimales (5)-(8). L'aide est alors clairement complémentaire.

Résultat 4. *Dans le cas d'une firme faisant de la R&D (condition (10) respectée), une aide proportionnelle à l'effort total de R&D augmente les dépenses variables nettes de la firme en R&D, mais diminue ses dépenses en coûts fixes de R&D.*

La dépense variable en R&D augmente en raison du résultat 1, et la dépense fixe diminue en raison du résultat 2. On a donc complémentarité en dépenses variables et totale substituabilité en dépenses fixe. Le résultat global dépend alors du poids relatif de chaque dépense.

Enfin, lorsque l'obstacle essentiel à la R&D se situe au niveau du financement (prime de risque pour les PME), les pouvoirs publics peuvent centrer leur action sur ce point (financements privilégiés, garantie de l'Etat etc.).

Les résultats énoncés montrent que l'efficacité (complémentarité *versus* substituabilité) des aides dépend non seulement de leur type, mais également de la firme à laquelle elles s'adressent, en particulier du fait de savoir si la firme avait ou n'avait pas décidé d'innover.

On peut enfin souligner que le modèle pourrait être amélioré et étendu (i) en supposant que la firme peut créer plusieurs produits innovants, et (ii) en combinant innovation de produit et de procédé. Ces extensions ne remettraient pas en cause les résultats et enseignements du modèle.

5. Le modèle empirique et les variables

Le passage de l'approche théorique au modèle empirique estimé pose quatre types de problèmes : (i) la forme des fonctions peut être difficile à estimer, ce qui nous conduit à supposer des formes log-linéaires ; (ii) les canaux de transmission des différentes aides sont à la fois multiples et complexes, ce qui entraîne leur introduction directe dans la fonction à estimer ; (iii) certaines caractéristiques de l'entreprise, importantes du point de vue de l'innovation mais absentes par simplification l'approche théorique, sont réintroduites ; (iv) certaines variables ne sont pas directement connues et nécessitent le choix de *proxy*.

5.1. Transformation de l'indicateur de valeur commerciale

On part de l'indicateur de valeur commerciale Q_j^i (relation 11) que l'on écrit :

$$Q_{j,i}^{CAB*} (\sqrt{\varepsilon})^{\frac{1}{12\theta}} (1 \dots)^{\frac{\theta}{12\theta}}$$

L'expression $C_{j,i} = \frac{\varphi J \Theta^{11}}{\tau \varepsilon J J \hat{w}_H} \frac{J^{21}}{12\theta} \frac{\varphi \alpha^\theta}{\tau \varepsilon} \frac{\theta}{12\theta} (H)^{\frac{\theta}{12\theta}}$ réunit des coefficients et les coûts de facteur w_H et \hat{w}_H . Comme on suppose les coûts de facteur (avant aide publique) identiques pour toutes les firmes, il est commode de ne pas les introduire dans l'équation à estimer. Toutefois, si les coefficients J , ν et Θ diffèrent suivant les firmes, ce qui est probable, C n'est pas identique pour toutes les firmes. La constante est alors reliée à la firme et notée C_j .

La relation déterminant A_j est choisie log-linéaire, soit :

$$A_{j,i} = b_j (Z_{j,i})^{\alpha_j} (X_{j,i})^{\beta_j} (L_{j,i})^{\gamma_j}$$

Les coefficients b_j , b'_j et b''_j représentent la capacité de la firme à étendre ses propres connaissances et à capter les *spillovers* entrants et dépendent de la quantité de capital humain employé, de sa taille, et des compétences de la firme, ce qui peut également s'écrire sous forme log-linéaire :

$$b_{j,i} = F_j (L_{j,i})^{\alpha_j} (X_{j,i})^{\beta_j} ; b'_{j,i} = F'_j (L_{j,i})^{\alpha'_j} (X_{j,i})^{\beta'_j} ; b''_{j,i} = F''_j (L_{j,i})^{\alpha''_j} (X_{j,i})^{\beta''_j}$$

où F_j la quantité employée de capital humain, $L_{j,i}$ est la taille de la firme j , et les $X_{j,i}$ sont les différentes compétences pour innover de la firme j .

Par rapport au modèle théorique, on a ajouté la variable 'capital humain', qui n'était pas prise en compte puisque l'on raisonnait pour simplifier avec un facteur composite de production. Il est néanmoins évident qu'une firme qui emploie beaucoup de capital humain peut mieux utiliser ses propres connaissances et capter plus facilement les connaissances extérieures.

On sait que la charge d'intérêts payée par la firme dépend de sa taille. On choisit également une forme log-linéaire pour l'expression $(1+r) \cdot \Xi_j$:

$$(1+r) \cdot \Xi_j = \left(\frac{z_j}{\Pi_j} \right)^{\alpha} \left(\frac{f_j}{N_j} \right)^{\beta} \left(\frac{X_k}{N_j} \right)^{\gamma}$$

Enfin, f_j mesure la productivité dans l'activité de R&D, qui est liée positivement à la taille, au capital humain et aux compétences de la firme:

$$f_j = \left(\frac{z_j}{\Pi_j} \right)^{\alpha} \left(\frac{f_j}{N_j} \right)^{\beta} \left(\frac{X_k}{N_j} \right)^{\gamma}$$

Ces simplifications déterminent la valeur suivante de Q_i^j :

$$Q_i^j = \underbrace{\left(\frac{z_j}{\Pi_j} \right)^{\alpha} \left(\frac{f_j}{N_j} \right)^{\beta} \left(\frac{X_k}{N_j} \right)^{\gamma}}_{\text{caractéristiques de la firme}} \underbrace{\left(\frac{z_j}{\Pi_j} \right)^{\alpha} \left(\frac{f_j}{N_j} \right)^{\beta} \left(\frac{X_k}{N_j} \right)^{\gamma}}_{\text{externalités entrantes}} \underbrace{\left(\frac{z_j}{\Pi_j} \right)^{\alpha} \left(\frac{f_j}{N_j} \right)^{\beta} \left(\frac{X_k}{N_j} \right)^{\gamma}}_{\text{compétences}}$$

avec : $B_1 = \frac{\alpha}{12 \theta}$, $B_2 = \frac{\beta}{12 \theta}$, $B_3 = \frac{\gamma}{12 \theta}$, $B_4 = \frac{1}{12 \theta}$, $B_5 = \frac{\alpha}{12 \theta}$, $B_6 = \frac{\beta}{12 \theta}$, $B_{Xk} = \frac{\gamma}{12 \theta}$.

Soit en logarithme (les minuscules représentent le logarithme des variables en majuscule) :

$$q_i^j = \alpha z_j + \beta f_j + \gamma X_k + \dots + \zeta_k \quad (12)$$

L'impossibilité de distinguer, dans l'équation estimée, les différents canaux de transmission de la politique publique d'aide nous amène à ajouter à l'équation (12) trois variables représentant les trois types d'aides étudiées, soit :

$$q_i^j = \alpha z_j + \beta f_j + \gamma X_k + \dots + \zeta_k + \zeta_{i=1} + \zeta_{i=2} + \zeta_{i=3} \quad (13)$$

où :

z_j est le niveau des connaissances technologiques de la firme j ;

f_j est la quantité de capital humain utilisé par la firme ;

Π_j indique la taille de la firme ;

b_s est un indicateur de la demande adressée au secteur ;

x_{jk} est le niveau de la compétence k pour la firme j ;

g_i , $i = 1, 2, 3$, mesure le montant en logarithme des trois aides (CIR, ATOUT et ANVAR).

$z_{s/2015}$ et $z_{s/2016}$ sont les externalités potentielles entrantes intra- et extra-sectorielles.

5.2. Le modèle estimé

Le modèle (13) n'incorpore pas la totalité des déterminants de la variabilité du chiffre d'affaire en produits innovant. En conséquence, le modèle estimé intégrera (i) certaines variables disponibles qui peuvent avoir un impact sur q_i^j (les exportations, le pouvoir de marché de la firme et son appartenance à un groupe), et (ii) un terme stochastique représentant les variables non connues. L'équation stochastique du modèle (13) modifié s'écrit alors :

$$\begin{aligned}
 & \ln q_{s,j,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_{2,s,j} + \alpha_2 U_{s,j,t} + \alpha_3 c_{s,t} + \alpha_4 \bar{s}_{s,j,t} + \varepsilon_{s,j,t} \\
 & \quad + \beta_1 \ln z_{M\Omega} + \beta_2 \ln x_{2,s,j} + \beta_3 U_{s,j,t} + \beta_4 c_{s,t} + \beta_5 \bar{s}_{s,j,t} + \beta_6 \varepsilon_{s,j,t}
 \end{aligned} \tag{14}$$

Où s est l'indice secteur, j l'indice firme, et t l'indice temps.

La définition précise des variables exogènes est présentée dans le tableau 9. Nous avons retenu 4 variables de compétence issues de l'enquête 'Compétences pour innover' (SESSI).

Les modifications apportées à la forme (13) sont les suivantes :

1. La variable d'externalités inter-sectorielle ($z_{M\Omega}$) a été supprimée en raison d'une forte colinéarité avec la variable $x_{2,s,j}$ (compétences pour s'approprier les externalités entrantes).
2. La variable $U_{s,j,t}$, qui représente les exportations de la firme et n'était pas incluse dans le modèle théorique, a été ajoutée car l'ouverture sur l'extérieur a habituellement un double effet, sur la demande adressée à la firme et sur la captation des externalités.
3. Un indicateur de pouvoir de marché, représenté par la concentration du secteur ($c_{s,t}$), a été ajouté car il peut influencer l'innovation.
4. Une variable marquant l'appartenance de la firme à un groupe ($\bar{s}_{s,j,t}$) a été introduite, en raison de son impact sur l'accès aux connaissances technologiques.

L'estimation est menée pour les années 1994-1997 sur un échantillon de 1353 firmes innovantes, dont 792 PME, 561 grandes entreprises et 770 firmes aidées.

5.3. Les variables

a) La variable endogène

Suivant la classification de Mairesse et Mohnen (2003), la variable endogène permettant de mesurer l'impact des interventions publiques peut se placer du côté des inputs de R&D (dépenses de R&D, externalités captées, main d'œuvre employée dans la R&D etc.), des outputs de la création de connaissance (nombre de brevets, publications, citations, nouveaux produits, nouveaux procédés) ou des performances macro et microéconomiques résultant de l'utilisation des connaissances nouvelles (productivité, profitabilité etc.). Dans les travaux empiriques, les variables endogènes habituellement retenues sont les brevets déposés ou acceptés (variable d'output), les dépenses en R&D des firmes (variable d'input), ou leur productivité (variable de performance). La dépense en R&D des firmes est la plus utilisée dans les travaux microéconomiques (voir tableau 1). Dans nos estimations, la variable endogène est le *chiffre d'affaires en produits innovants* de la firme. Les principales propriétés et limites de chaque indicateur sont les suivantes :

Variable	Propriétés	Limites
Effort de R&D	Variable d'input Permet de mesurer l'impact direct sur l'effort de recherche	Occulte les innovations sans R&D. Occulte les résultats de la R&D en termes de connaissances créées et de performances de la firme.
Brevet	Variable d'output	Occulte les innovations sans R&D. De nombreuses connaissances nouvelles ne sont pas brevetées (secret). Une même connaissance nouvelle peut donner lieu à de nombreux brevets pour des raisons stratégiques. De nombreuses innovations brevetées ne sont pas utilisées. L'utilisation du brevet varie sensiblement suivant les pays, les périodes et les secteurs.
Productivité	Variable de performance	Occulte les innovations de produit pur. Se concentre sur le seul impact de l'amélioration de procédé.
Chiffre d'affaire en produits innovants	Variable de performance et d'output	Occulte les innovations de procédé pur.

Le choix du *chiffre d'affaires en produits innovants* vise à estimer l'impact des aides publiques sur la valeur marchande de l'innovation. Il s'appuie sur l'existence, dans les enquêtes exploitées (CIS1 et CIS2 d'EUROSTAT réalisées par le SESSI-Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie), d'une question sur la part des produits innovants dans le chiffre d'affaire.

Ce choix présente plusieurs avantages. D'une part, il est se situe à l'intersection des variables d'output (produits innovants) et de performance (chiffre d'affaires). Il permet ainsi d'appréhender à la fois le produit de la recherche et sa valeur commerciale. Il est ensuite clairement adapté à la mesure des innovations de produits purs et de produits et procédés⁴. Il est néanmoins inadapté aux innovations de procédés purs, qui ne sont pas comptabilisées. De plus, le caractère radical ou incrémental de l'innovation n'est pas pris en compte, toutes les innovations étant comptabilisées de façon identique.

b) Les variables exogènes

Le tableau 9 décrit les variables exogènes utilisées pour estimer l'équation (14).

Tableau 9 ici

Notons que les aides publiques autres que les trois procédures étudiées sont incluses dans la variable d'externalité intra-sectorielle z_{ijt} . Pour chaque secteur, et au niveau détaillé de la NAF 700, sont ainsi comptabilisés, les aides et contrats défense, les grands programmes technologiques, les recherches fondamentales et appliquées des laboratoires publics etc. Cette forme d'introduction a deux justifications. D'une part, de nombreuses dépenses publiques de recherche ne peuvent être reliées aux firmes. D'autre part, même lorsque ces dépenses sont allouées à des firmes identifiées, par exemple au sein d'un grand programme technologique, elles bénéficient habituellement à de grandes entreprises, qui sous-traitent ensuite certaines recherches. L'introduction de ces dépenses comme externalité sectorielle permet de contourner les biais liés à ces comportements.

⁴ Dans ce dernier cas, l'innovation de procédé augmente le chiffre d'affaires en augmentant la compétitivité.

5.4. Méthode d'estimation

a) Hétérogénéité

Les entreprises qui forment notre échantillon sont hétérogènes d'un triple point de vue :

- Une hétérogénéité des firmes elles-mêmes, représentant des caractéristiques managériales, historiques, culturelles etc. En les négligeant, on s'expose à des biais d'estimation.
- Une hétérogénéité fondée sur les caractéristiques du secteur d'appartenance de la firme.
- Une hétérogénéité temporelle, les caractéristiques de la firme variant avec le temps.

Etant données ces trois dimensions, nous utilisons une méthode de panel à double indice, firmes et temps, avec *pooling* permettant de regrouper les firmes par secteur⁵. L'intérêt de cette approche consiste à mesurer la part des différences permanentes individuelles et temporelles des firmes.

b) Structure de la variance

Pour mesurer l'importance respective des effets individuel et temporel, on décompose la variance totale de l'échantillon en variances inter et intra individuelles :

Tableau 10 ici

Les différences dans le comportement innovant résultent pour l'essentiel de différences entre les entreprises (87% de la variance totale contre 13% pour les différences temporelles). On constate donc que les disparités entre les firmes l'emportent nettement sur l'évolution intra-individuelle (temporelle), phénomène fréquent lorsque l'on travaille sur ce type de variable.

5.5. Déclinaisons du modèle

Nous estimons *trois modèles pour quatre ensembles de firmes*, soit douze combinaisons. Les trois modèles correspondent à l'équation (14), (i) avec les variables d'aide mais sans les variables de compétence (*modèle 1*), (ii) avec les variables d'aide et les variables de compétence (*modèle 2*), et enfin sans les variables d'aide et de compétence (*modèle 3*). Ces estimations sont menées (i) pour l'ensemble des firmes innovantes et, parmi elles, (ii) pour les PME, , (iii) pour les firmes de grande taille (effectif supérieur ou égal à 500 salariés), et (iv) pour les firmes aidées.

6. Résultats et interprétation

6.1. Les résultats

Les résultats des estimations pour les différents ensembles d'entreprises et les trois modèles sont présentés dans le tableau 11, et les tests de spécification dans les tableaux 12 et 13.

Nous avons d'abord vérifié l'existence de l'effet individuel, puis effectué une analyse sur l'indépendance de celui-ci par rapport à nos variables explicatives. Nos tests montrent qu'il

⁵ Voir Hsiao (1989).

existe des facteurs déterminants sur le plan individuel que l'on n'observe pas ou qu'il est difficile d'observer⁶. Le test d'Hausman milite pour l'application d'un modèle à effets fixes. Nous avons ensuite analysé l'existence des effets de seuil dans la relation entre la valeur marchande de l'innovation et les aides. En effet, nous avons estimé le modèle à effets fixes sur plusieurs sous-échantillons (PME et grandes firmes) en supposant que la non-significativité des variables d'aides était liée aux tailles très différentes des entreprises. Nous avons donc classé les entreprises par taille et lancé une régression sur les sous-échantillons. L'hypothèse de stabilité à l'intérieur des sous-échantillons est basée sur un test de Chow au seuil de 5%.

Cette procédure montre que :

1. l'hypothèse de stabilité est fortement rejetée à partir de 500 salariés (tableau 13) ;
2. les aides publiques apparaissent plus efficaces pour les PME que pour les grandes entreprises. Ainsi, toutes les aides publiques ont un impact significatif et positif sur les PME. Les effets des aides Atout et ANVAR sont très souvent positifs mais non significatifs pour les grandes entreprises (plus de 500 salariés), ce qui correspond bien à la cible de ces aides.

Tableau 11 à 13 ici

6.2. Interprétation

a) Les variables d'aide

Les estimations montrent clairement que l'efficacité des différentes aides dépend du type d'entreprise concernée. Schématiquement, on peut poser le diagnostic suivant :

- (i) Le CIR est efficace pour toutes les firmes et a en conséquence un caractère universel.
- (ii) Les aides de l'ANVAR sont efficaces pour les PME, mais non significatives lorsque l'on s'intéresse aux grandes entreprises à l'ensemble des firmes innovantes.
- (iii) Les aides ATOUT ne sont efficaces que pour les PME dans le modèle sans variables de compétence.

Le CIR est efficace (coefficient positif et significatif) dans tous les cas. Il affecte positivement les possibilités d'innovation des entreprises de toute taille. Il a donc un caractère "universel". Les PME tirent du CIR un avantage équivalent à celui des grandes entreprises. Cela n'est pas surprenant puisque le CIR s'adresse de façon indistincte à toutes les firmes qui accroissent leurs dépenses en R&D. Ces résultats sont conformes aux conclusions de la littérature empirique sur l'impact des incitations fiscales à la R&D (Hall et Van Reenen, 2000).

Les aides de l'ANVAR sont toujours efficaces dans le cas des PME. Pour l'ensemble des entreprises et pour les seules entreprises aidées (au seuil de 10% dans ce dernier cas), elles sont également efficaces (coefficients positifs et significatifs), sauf dans le modèle interindividuel avec variables de compétence⁷. Elles ne sont jamais significatives pour l'ensemble des entreprises innovantes. L'explication d'un impact efficace pour les PME et non significatif pour les entreprises innovantes peut combiner deux éléments. D'une part, les procédures mises en place par l'ANVAR s'adressent aux entreprises / groupes de moins de 2000 salariés, ce qui exclut les très grandes firmes ou les filiales de grands groupes, qui représentent une part non négligeable de l'ensemble des firmes innovantes. D'autre part, les firmes innovantes en procédé pur apparaissent comme non innovantes dans notre étude en raison de la variable endogène choisie. Or, les procédures ANVAR, qui privilégient les innovations radicales, se traduisent pour partie en innovation de procédé pur.

⁶ Le test de Fisher et le test de RAO rejettent l'hypothèse nulle d'absence d'effet individuel (cf. tableau 12).

⁷ On peut toutefois remarquer que, s'il y a non significativité à 5%, le Student (1.774) montre qu'il y a significativité à 10%.

La procédure ATOUT est efficace pour les seules PME (coefficient positif et significatif) dans le modèle excluant les variables de compétence. Leur efficacité est clairement non significative pour l'ensemble des entreprises innovantes et pour les seules entreprises aidées. Rappelons que les aides ATOUT sont centrées sur la diffusion des connaissances technologiques aux PME. Elles visent la captation de technologies déjà éprouvées et s'adressent en priorité à des entreprises moins investies dans la R&D que les entreprises aidées par l'ANVAR. Ces entreprises présentent un léger retard technologique qu'elles cherchent à combler. Comme ces aides consistent largement à acquérir des compétences pour innover, il n'est pas étonnant qu'elles soient significatives pour le seul modèle qui exclut les variables de compétence. De plus, les procédures ATOUT ne sont accordées qu'aux entreprises / groupes de moins de 2000 salariés présentant certaines caractéristiques particulières (voir section 3). Le biais de sélection peut avoir ici un impact sensible, les aides CIR et ANVAR ayant une cible d'entreprises beaucoup plus large. Pour avoir une estimation exacte de l'efficacité d'ATOUT, il faudrait comparer des entreprises de caractéristiques semblables, des PME en situation de rattraper leur retard technologique. Enfin, on peut penser que les aides ATOUT portent, pour une part, sur des innovations de procédé qui ne sont pas prises en compte ici.

Les résultats des estimations sont conformes à ceux du modèle théorique développé à la section 4. En effet, le CIR est une aide proportionnelle et uniforme sur coûts variables, et nous savons que ce type de procédure est adapté à l'augmentation de l'effort d'innovation de l'ensemble des firmes et stimule l'effort privé de R&D (Résultat 1 du paragraphe 4.4). Les aides ANVAR sont individualisées, forfaitaires ou proportionnelles, et largement spécifiques. Nous savons que ce type d'aide est adapté aux actions différenciées, en particulier en direction de PME. Enfin les aides ATOUT sont individualisées et portent prioritairement sur les coûts fixes irrécupérables. Nous savons que ces caractéristiques d'aides sont efficaces pour permettre aux firmes de passer d'une situation de non innovation à une situation d'innovation (Résultat 3 du paragraphe 4.4). Ce résultat, qui est d'ailleurs conforme à l'objectif visé par les pouvoirs publics, peut également être un élément d'explication supplémentaire à la faible significativité de l'efficacité des aides ATOUT. En effet, en permettant aux firmes de passer de la non-innovation à l'innovation, elles créent une discontinuité qui perturbe l'estimation de leur impact.

On peut enfin souligner que nos résultats montrent que les efficacités des trois aides selon les caractéristiques des firmes sont conformes aux attentes des pouvoirs publics. Le CIR se traduit par une hausse de l'innovation pour l'ensemble des firmes : il est bien adapté à une politique visant l'augmentation globale de la R&D et de l'innovation. Les aides ANVAR sont efficaces pour promouvoir l'innovation des PME, c'est à dire pour leur cible. Quant aux aides ATOUT, elles favorisent effectivement l'acquisition de compétences par les PME, même si notre méthode d'estimation souffre de lacunes pour rendre compte de leur efficacité.

b) Les variables de compétences

Trois des quatre compétences étudiées, '*développer les innovations en agissant sur l'organisation et le temps*' (x_{1sjt}), '*identifier, évaluer et absorber les connaissances extérieures*' (x_{3sjt}) et '*gérer et défendre la propriété intellectuelle*' (x_{3sjt}), ont un impact positif et significatif sur la valeur commerciale de l'innovation. De plus, la prise en compte des compétences affaiblit l'impact de chacune des trois aides étudiées (ainsi que de la recherche). Ce résultat peut s'interpréter par le fait que ces aides peuvent renforcer les compétences pour innover des entreprises, avec par exemple des aides à l'embauche de personnel pour l'ANVAR, ou le recours à un diagnostique extérieur pour ATOUT.

c) Les variables traditionnelles

La R&D

Conformément à la théorie économique, la R&D (DIRD) est bien le déterminant essentiel de l'innovation des firmes. Dans toutes les estimations, cette variable est celle qui a le coefficient positif le plus important car toujours significatif. Même si toutes les entreprises innovantes ne font pas de R&D, elles profitent néanmoins de la recherche effectuée par les autres en raison des externalités.

Les externalités

Les externalités intra-sectorielles ont un impact positif et significatif dans les 3 modèles pour tous les types d'entreprise sauf les entreprises aidées, où l'impact est non significatif. Plusieurs facteurs permettent d'expliquer ce résultat: (i) les firmes aidées ne représentent que 46% des firmes qui innovent incluses dans notre échantillon; (ii) deux types d'aide, CIR et ANVAR, représentant 95% des firmes aidées, privilégient la R&D, et non la captation d'externalités⁸; (iii) la captation d'externalités est habituellement tournée vers l'innovation de procédé, or l'innovation de procédé pure n'est pas prise en compte dans nos estimations. Enfin, la non significativité des externalités pour les firmes aidées pourrait indiquer que les aides publiques poussent les firmes à privilégier la R&D et la création de produits nouveaux pour le marché par rapport à la simple captation d'innovations externes.

Enfin, la recherche publique, qui est une part importante des externalités entrantes intra-sectorielles, a donc un impact positif et significatif sur l'innovation des firmes. Remarquons que l'introduction des recherches publiques comme externalités peut également expliquer la non significativité de ces dernières dans le cas des firmes aidées. En effet, les firmes aidées par les procédures ANVAR et ATOUT ne participent habituellement pas aux grands programmes et aux recherches publiques.

La qualification

Nos résultats montrent un impact très positif de la qualification sur l'innovation. Ils montrent également que c'est le personnel de conception (ingénieurs de production), et non les cadres administratifs et commerciaux, qui ont un impact sur l'innovation.

Le taux d'exportation

Les exportations entrent très significativement dans l'explication de l'innovation. Ce résultat peut recouvrir partiellement un effet de taille (plus l'entreprise est grande, plus son taux d'exportation est important). Il montre également qu'affronter le marché international exige des efforts sur le plan technologique.

La concentration

La concentration agit très positivement sur la propension à innover dans notre estimation, alors que ce lien reste ambigu dans la littérature théorique et empirique. Deux explications de ce résultat peuvent être avancées. Les innovations de produits, ici privilégiées, peuvent être plus facilement copiées que les innovations de procédés, et la concentration du marché, en limitant le nombre d'imitateurs, favorise l'innovation. De plus, comme nous travaillons sur données françaises et que les marchés sont internationaux pour la plupart des grandes entreprises, la concentration peut aussi être un indice indirect d'internationalisation des firmes.

⁸ le CIR en raison de sa procédure d'attribution (il faut que l'effort de recherche de la firme augmente d'années en années), et les aides ANVAR par leurs objectifs.

7. Conclusion

Nous avons estimé l'impact de trois aides publiques à l'innovation, CIR, ANVAR et ATOUT, sur la valeur commerciale de l'innovation des firmes, mesurée par le poids des produits innovants dans leur chiffre d'affaire. Le choix d'une mesure de l'innovation fondée sur sa valeur commerciale constitue la principale originalité de notre étude comparée à la littérature empirique traditionnelle. Elle exclut cependant du champ d'analyse les innovations de produits purs. On montre que l'efficacité des trois aides diffère suivant les types d'entreprise. Le crédit d'impôts recherche est efficace pour l'ensemble des firmes; il a en conséquence une portée globale, universelle, d'incitation à l'innovation. Les aides ANVAR sont efficaces pour l'ensemble des PME. Quant aux aides ATOUT, leur impact n'est significatif que lorsque les variables de compétences ne sont pas intégrées à l'estimation. Ces résultats témoignent néanmoins (i) d'un impact positif des trois aides sur l'innovation des firmes, et (ii) d'une bonne adéquation entre les moyens et les cibles visées par le décideur public. En effet, le CIR avait un objectif global de soutien à la R&D, l'ANVAR avait pour but d'aider les PME déjà innovantes, et ATOUT de faire passer à l'innovation des PME présentant un léger retard dans ce domaine. Enfin, les résultats obtenus sont conformes aux indications normatives issues du modèle théorique.

Références

- Aghion P. & Howitt P. (1992) "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, 80(2), 323-351.
- MESR (2008), Rapport au Parlement sur le CIR 2007, disponible à : <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid23519/textes-de-references-pour-le-credit-d-impot-recherche-cir.html>
- Antonelli C. (1989), A failure-inducement model of research and development expenditure, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 12, 159–180.
- Branstetter L., Sakakibara M. (1998), Japanese research consortia: a microeconomic analysis of industrial policy, *Journal of Industrial Economics*, 46(2), 207–233.
- Busom I. (1999), An Empirical Evaluation of the Effects of R&D Subsidies, Working Paper N° B99-05, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Capron H. et Van Pottelsbergue B. (1997), Public support to business R&D: A survey and new quantitative evidence, in: OECD, *Policy evaluation in innovation and technology. Towards best practices*, Paris.
- Carmichael J. (1981), The effects of mission-oriented public R&D spending on private industry, *Journal of Finance*, 36, 617–627.
- Cohen L. R. et Noll R.G. (1991), *The technology pork barrel*, Washington, D.C., The Brookings Institution Press.
- Crepon B., Duguet E. et Mairesse J.(1998), Research and development, innovation and productivity : An econometric analysis at the firm level, *Economics of Innovation and New Technology*, 7(2), 115-158.
- Crott R. (1995), *Evaluation de l'impact des aides publiques directes à la recherche industrielle : une étude empirique sur entreprises wallonnes et belges*, Thèse de PhD, Université Catholique de Louvain.
- Czarnitzki D. et Fier A. (2001), Do R&D subsidies matter ? Evidence from the German service sector, ZEW Working Paper n°01-19.

- Czarnitzki D. et Fier A. (2002), Substitutive or Complementary ? Innovation subsidies in the German service sector, ZEW Working Paper n°02-04.
- David P.A., Hall B.H. et Toole A.A. (2000), Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence, *Research Policy*, 29, 497-529.
- Dixit A. & Stiglitz J.E. (1977) "Monopolistic competition and equilibrium product diversity", *American Economic Review*, 67(2), 297-308.
- Duguet E. (2003), Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D? Evidence from France using propensity score methods for non experimental data, Mimeo.
- Folster S. et Trofimov G. (1996), Do subsidies to R&D actually stimulate R&D investment ?, Mimeo, The Industrial Institute of Economic and Social Research.
- Garcia-Quevedo J. (2003), Evaluation of government funded R&D activities, Mimeo, ZEW, Vienna.
- Griliches Z., Regev H., (1998), An econometric evaluation of high-tech policy in Israel. Paper presented at ATP-conference in Washington, DC, June 1998.
- Grossman G.M. & Helpman E. (1991) *Innovation and growth in the global economy*, Cambridge Mass: MIT Press.
- Hall B. et Van Reenen J. (2000), How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence, *Research Policy*, 29 (4-5), 449-469.
- Hamberg, D., (1966), *R&D: Essays on the Economics of Research and Development*, Random House, New York.
- Higgins, R.S., Link, A.N. (1981) Federal support of technological growth in industry: some evidence of crowding out, *IEEE Transactions on Engineering Management* EM-28, 86-88.
- Holemans, B. et Sleuwaegen L. (1988), Innovation expenditures and the role of government in Belgium, *Research Policy*, 17, 375-379.
- Howe, J.D. et McFetridge D.G., (1976), The determinants of R&D expenditures, *Canadian Journal of Economics*, 9, 57-71.
- Hsiao C. (1989), *Analysis of Panel Data*, New York, Cambridge University Press.
- Jones C.I. (1995), R&D based models of Economic growth, *Journal of Political Economy*, 103(4), 759-784.
- Klette T.J. et Møen, J. (1998), R&D Investment responses to R&D subsidies: a theoretical analysis and econometric study, présenté au NBER Summer Institute, Juillet.
- Klette T.J. et Møen J. (1999), From growth theory to technology policy - coordination problems in theory and practice, *Nordic Journal of Political Economy*, 25, 53-74.
- Klette, T.J., Moen, J., Griliches, Z., (2000), Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies, *Research Policy*, 29, 471-495.
- Krugman P. (1980), Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade", *American Economic Review*, 70, 950-959.
- Lach S. (2002), Do R&D subsidies stimulate or displace private R&D? Evidence from Israel, *Journal of Industrial Economics*, 50(4), 369-390.
- Lerner J. (1999), The government as venture capitalist: the long-run impact of the SBIR program, *Journal of Business*, 72(3), 285-318.
- Leyden, D.P. et Link, A.N. (1991), Why are government and private R&D complements?, *Applied Economics*, 23, 1673-1681.
- Leyden, D.P., Link, A.N. et Bozeman, B. (1989), The effects of governmental financing on firms' R&D activities, a theoretical and empirical investigation, *Technovation*, 9, 561-575.
- Lichtenberg, F.R. (1984), The relationship between federal contract R&D and company R&D, *American Economic Review*, Papers and Proceedings, 74, 73-78.
- Lichtenberg F.R. (1987), The effect of government funding on private industrial research and development: a re-assessment, *The Journal of Industrial Economics*, 36, 97-104.

- Lichtenberg F.R. (1988), The private R&D investment response to federal design and technical competitions, *American Economic Review*, 78, 550–559.
- Link A.N. (1982), An analysis of the composition of R&D spending, *Southern Journal of Economics*, 49, 342–349.
- Mairesse J. et Mohnen P. (2003), *Econométrie de l'innovation*, Mimeo.
- Martin B.R. et Salter A.J. (2001), The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review, *Research Policy*, 30, 509-532.
- Romer P.M. (1990), Endogenous technological change, *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Scott J.T. (1984) Firm versus industry variability in R&D intensity, In: Griliches, Z. (ed), *R&D, Patents and Productivity*.
- Shrieves R.E., (1978), Market structure and innovation: a new perspective, *The Journal of Industrial Economics*, 26, 329–347.
- Toivanen, O. et Niininen, P. (1998), Investment, R&D, subsidies and credit constraints, Working Paper, Department of Economics MIT and Helsinki School of Economics.
- Wallsten S.J. (1999), Do government-industry R&D programs increase private R&D? The Case of the Small Business Innovation Research Program, *Department of Economics Working Paper*, Stanford University.