



HAL
open science

Essais sur la rationalité, les effets et l'efficacité des aides publiques à la R&D privée

Benjamin Montmartin

► **To cite this version:**

Benjamin Montmartin. Essais sur la rationalité, les effets et l'efficacité des aides publiques à la R&D privée. Economies et finances. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, 2012. Français. NNT : 2012STETT100 . tel-00935645

HAL Id: tel-00935645

<https://theses.hal.science/tel-00935645>

Submitted on 23 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE JEAN MONNET SAINT-ETIENNE
Groupe d'Analyse et de Théorie Economique Lyon Saint-Etienne UMR 5824
Ecole Doctorale de Sciences Economiques et de Gestion 486

ESSAIS SUR LA RATIONALITE, LES EFFETS
ET L'EFFICACITE
DES AIDES PUBLIQUES A LA R&D PRIVEE

THESE DE DOCTORAT NOUVEAU REGIME EN
SCIENCES ECONOMIQUES

Présentée et soutenue publiquement par
Benjamin Montmartin
Le 9 novembre 2012

Directeur de thèse :

Mme Nadine Massard

Professeur d'économie à l'Université Jean Monnet, Saint-Etienne

Rapporteurs :

Mr Gianmarco Ottaviano

Professeur d'économie à la London School of Economics and Political Science

Mr Pierre Mohnen

Professeur d'économie à l'UNU-MERIT, Université de Maastricht

Suffrageants :

Mr Philippe Aghion

Professeur d'économie à l'Université d'Harvard

Mr Joaquim Oliveira Martins

Chef du département Politique de Développement Régional, OCDE

Mr Stephane Riou

Professeur d'économie à l'Université Jean Monnet, Saint-Etienne

Essais sur la rationalité, les effets et l'efficacité
des aides publiques à la R&D privée

5 novembre 2012

Chaque agent économique mène son économie aussi bien qu'il le peut. Sans doute il ne satisfait jamais idéalement à ses propres intentions, mais à la fin sous la pression d'expériences qui mettent un frein ou poussent de l'avant, il adapte sa conduite aux circonstances qui, en règle générale, ne se modifient ni brusquement ni tout d'un coup.

Joseph Schumpeter

Remerciements

De nombreuses personnes m'ont accompagné durant ce travail de thèse et je souhaite leur exprimer ici ma gratitude.

Je tiens tout d'abord à remercier Nadine Massard pour avoir accepté la direction de cette thèse et pour la confiance qu'elle m'a accordée. Je tiens notamment à souligner ses qualités, tant professionnelles qu'humaines, qui ont fortement contribué à la réalisation de ce travail. Mes remerciements vont ensuite à Gianmarco Ottaviano et Pierre Mohnen pour m'avoir fait l'honneur de rapporter cette thèse. Je remercie également les membres du jury, Philippe Aghion, Joaquim Oliveira Martins et Stéphane Riou, pour avoir accepté de juger ce travail.

C'est avec une profonde estime que je remercie Pierre Mohnen, Gianmarco Ottaviano, Gianfranco Piras, Carl Gagné et Stéphane Riou pour les nombreux conseils et soutiens qu'ils m'ont apportés au cours de cette thèse. Je remercie également Pascal Billand qui a eu la gentillesse de relire cette thèse.

Je tiens à remercier la direction du GATE-LSE en la personne de Stéphane Riou pour l'accueil et les conditions de travail privilégiées qui m'ont été offertes. Je remercie également l'ensemble des membres du laboratoire GATE-LSE et notamment Christophe, Pascal, Alban, Richard, Nicolas, Soledad, Aymeric et Gérald pour toutes les discussions et les bons moments que nous avons eu l'occasion de partager. Je tiens plus particulièrement à remercier Aymeric Lardon, qui fut mon collègue de bureau durant ces trois années, pour tout ce que nous avons partagé et ce qu'il m'a apporté.

Je souhaite saluer le travail de Sylvie Grenier, Soledad Beudon et Gérald Chatagnon qui, chacun dans leur domaine, assure le bon fonctionnement du laboratoire.

Même si les remerciements sont loin d'être suffisants pour décrire tout ce qu'elle m'a apporté tout au long de ces trois années, je souhaite dédier cette thèse à Nathalie. Merci pour ton soutien, ton aide et ta patience qui m'ont permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Je souhaite également souligner le rôle de mes parents ainsi que celui de mes amis et notamment Paul, Seb et Yannick qui ont toujours été là dans les moments de doutes.

Résumé

La littérature économique défend l'existence d'aides publiques à la R&D privée du fait des nombreuses externalités et distorsions qui conduiraient les firmes à sous-investir en R&D. La multiplication de ces aides à différents échelons territoriaux et l'apparition d'éléments plus contrastés concernant leur justification soulignent un besoin accru d'analyse de ces politiques et de leurs conséquences territoriales. L'objet de cette thèse est d'apporter de nouveaux éléments concernant la rationalité, les effets et l'efficacité des aides financières à la R&D privée.

Le premier chapitre propose une discussion de la rationalité des aides financières à la R&D à partir de la littérature sur la croissance endogène et ses raffinements incluant une dimension géographique. Le décalage entre les approches théoriques et les approches empiriques concernant les origines et l'ampleur du sous-investissement des firmes en R&D fait plutôt ressortir l'hypothèse d'un sous-investissement limité et spécifique.

Les chapitres 2 et 3 fournissent des analyses théoriques des effets dynamiques et spatiaux d'une politique centralisée de subvention à la R&D. Les résultats montrent que cette politique renforce la croissance économique, réduit les inégalités territoriales et améliore le bien-être global. Les bienfaits de ce type de politique sont non seulement dépendants de l'hypothèse retenue concernant les rendements de la R&D mais surtout des options retenues concernant le financement et l'allocation géographique des subventions.

Le chapitre 4 fournit une analyse empirique de la capacité des aides financières à la R&D à stimuler l'investissement privé en R&D, à partir d'un panel de pays de l'OCDE. Les résultats indiquent une sensibilité plus forte des investissements privés en R&D aux aides indirectes (incitations fiscales) qu'aux aides directes (subventions) et suggèrent l'existence d'effets de substitution entre ces deux types d'aides.

Mots clefs : aides financières à la R&D, innovation, croissance, inégalités

ESSAYS ON THE RATIONALE, THE EFFECTS AND THE EFFECTIVENESS OF PUBLIC SUPPORTS TO BUSINESS R&D

Summary

The economic literature largely defends the existence of financial supports to private R&D owing to the numerous externalities and distortions that lead firms to underinvest in R&D. The proliferation of these supports at different territorial levels and the recent emergence of more constrasting arguments concerning their rationale underline an increasing need for the analysis of these policies and their territorial impacts. The purpose of this PhD thesis is to provide new elements regarding the rationale, the effects and the effectiveness of financial supports to private R&D.

The first chapter proposes a discussion on the rationale of financial supports to business R&D following the endogenous growth literature and its refinements including a geographical dimension. Divergences in the theoretical and empirical approaches concerning the origins and the magnitude of the private underinvestment in R&D eventually leads to the hypothesis of a limited and specific private underinvestment in R&D.

Chapters 2 and 3 provide theoretical analyses of the spatial and dynamics effects of a centralized subsidy policy for R&D. The results show that this policy strengthens economic growth, reduces territorial inequalities while improving the global welfare. The benefits of such policy are not only dependent on the chosen assumption about returns to R&D but more importantly on its design in terms of funding and geographical allocation of subsidies.

Chapter 4 provides an empirical analysis of the capacity of financial supports to R&D to stimulate private investment in R&D from a panel of OECD countries. The results indicate a greater sensitivity of private investment in R&D to indirect supports (fiscal incentives) than to direct supports (grants and subsidies) and suggest the existence of substitution effects between these two forms of support.

Keywords : financial supports to R&D, innovation, growth, inequalities

Table des matières

Introduction générale	1
1 Le niveau d'investissement des firmes en R&D est-il optimal ? Une discussion à partir des défaillances de marché mises en évidence par la littérature sur la croissance	13
1.1 Introduction	13
1.2 Innovation et croissance : de la "boîte noire" de Solow aux nou- velles théories de la croissance	16
1.2.1 Du modèle de Solow aux modèles de croissance endogène	16
1.2.2 Les modèles de croissance endogène fondés sur la R&D	19
1.2.3 Effet d'échelle et modèles de croissance de seconde géné- ration	23
1.2.4 Géographie économique et croissance : les modèles de syn- thèse entre croissance endogène et nouvelle économie géo- graphique	26
1.3 Défaillances de marché et instruments de soutien à la R&D	29
1.3.1 Les externalités de connaissances intertemporelles	30
1.3.2 Le problème d'appropriabilité du surplus	31
1.3.3 Les duplications d'activités de R&D	33
1.3.4 Le transfert de rentes	35
1.3.5 Les externalités liées au choix de localisation dans les mo- dèles NEGG	36
1.4 Un système économique décentralisé conduit-il le secteur privé à sous-investir en R&D ?	39
1.4.1 Les mesures empiriques du rendement social de la R&D et leurs limites	40
1.4.2 Les mesures théoriques du rendement social de la R&D	42
1.4.3 Les mesures de l'importance relative des différentes dé- faillances	45
1.4.4 L'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D est-il (si) important ?	48

1.5	Conclusion	50
	Annexe 1 : Le rôle de l'incertitude sur l'investissement privé en R&D	54
	Annexe 2 : Conditions de financement de la R&D et Investissement des firmes en R&D	58
2	Influences des politiques de subvention à la R&D sur les dyna- miques de localisation, la croissance et le bien-être en présence de rendements constants de la R&D	61
2.1	Introduction	61
2.2	Cadre du modèle	65
2.2.1	Introduction	65
2.2.2	Consommation	67
2.2.3	Production et équilibre sur le marché des produits	69
2.2.4	R&D et Innovation	71
2.2.5	L'équilibre sur le marché du travail	72
2.2.6	Le secteur public et le soutien à la R&D	73
2.3	L'état d'équilibre du modèle	74
2.3.1	Le taux de croissance d'équilibre	74
2.3.2	Inégalités de revenu et revenu réel	76
2.3.3	L'état d'équilibre	77
2.4	Défaillances de marché et effets de la politique de soutien à la R&D	78
2.4.1	Les défaillances de l'équilibre décentralisé	78
2.4.2	Impact de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre	80
2.5	Analyse de bien-être	85
2.5.1	Mesure et critères de bien-être	85
2.5.2	Effets de la politique de soutien à la R&D sur le bien-être	86
2.5.3	Politiques optimales et diffusion spatiale des externalités de connaissances	88
2.6	Analyse de politiques différenciées géographiquement	93
2.6.1	Différenciation sur l'allocation des aides à la R&D	93
2.6.2	Différenciation sur le financement de la politique	96
2.7	Conclusion	99
	Annexe 1 : Equivalence avec d'autres formes de soutien à la R&D . .	104
	Annexe 2 : Localisation d'équilibre du secteur industriel	106
	Annexe 3 : Effet de la politique sur la localisation du secteur industriel	107
	Annexe 4 : Effet de la politique sur le taux de croissance	108
	Annexe 5 : Intégration commerciale et effet de la politique sur la loca- lisation	110
	Graphiques	111

3 Influences des politiques de subvention à la R&D sur les dynamiques de localisation, la croissance et le bien-être en présence de rendements décroissants de la R&D	113
3.1 Introduction	113
3.2 Cadre du modèle	116
3.2.1 Introduction	116
3.2.2 Consommation	117
3.2.3 Production	118
3.2.4 Equilibre sur le marché des produits	119
3.2.5 R&D et Innovation	120
3.2.6 Marché du travail	121
3.2.7 Le secteur public et la politique de soutien à la R&D . .	122
3.3 L'Etat d'équilibre avec un secteur public	123
3.3.1 Taux de croissance et investissement d'équilibre en R&D	123
3.3.2 Revenus nominaux et inégalité de revenu	124
3.3.3 Localisation du secteur industriel et indices de prix . . .	126
3.4 Politique optimale et bien-être	128
3.4.1 Quels sont les effets de la politique sur les défaillances de marché?	128
3.4.2 Critères de bien-être et effets de la politique sur le bien-être	131
3.4.3 Critères de bien-être et politique optimale	133
3.5 Conclusion	141
Annexe 1 : Impact de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre	144
Annexe 2 : Conditions sous lesquelles la politique augmente le nombre de variétés produites	145
4 Intensité de l'investissement privé au sein de l'OCDE : impacts et complémentarité des aides financières à la R&D	147
4.1 Introduction	147
4.2 Les aides financières à la R&D privée : une présentation générale	151
4.2.1 Aides directes vs indirectes : une distinction nécessaire .	151
4.2.2 Impact des aides financières directes sur la R&D privée : des résultats contrastés	154
4.2.3 Impact des mesures de soutien financier indirect sur la R&D privée : un impact significatif	157
4.2.4 Les études macroéconomiques mesurant simultanément les effets des aides directes et indirectes à la R&D	159
4.3 Modèles empiriques et présentation des données	161
4.3.1 Les modèles empiriques	161
4.3.2 Présentation des données	165

4.4	Statistiques descriptives et analyse graphique	167
4.4.1	Description statistique des données	167
4.4.2	L'analyse graphique des données	167
4.5	Methodologie et résultats	170
4.5.1	Stratégie d'estimation	170
4.5.2	Résultats	174
4.6	Conclusion	180
	Annexe 1 : Cible d'investissement en R&D dans les pays de l'OCDE .	183
	Annexe 2 : Le B-index, un indicateur pertinent pour comparer la gé- nérosité des systèmes fiscaux	184
	Graphiques	189
	Tableaux	193
	Conclusion générale	197
	Références	204

Introduction générale

Le niveau actuel de dette publique d'une grande partie des pays développés et l'aversion au risque des investisseurs depuis la crise financière de 2008 créent de très fortes tensions sur les marchés de la dette. Pour restaurer la confiance et maîtriser leur niveau d'endettement, de nombreux gouvernements (notamment européens) sont incités à mettre en place des mesures de réductions (plus ou moins drastiques) des dépenses publiques. Il devient alors impératif de réaliser des arbitrages pour allouer de manière la plus efficiente possible les deniers publics, notamment en direction des investissements qui soutiendront la croissance à long terme. Cela passe nécessairement par une discussion des orientations de l'action publique et par un recours accru aux outils d'évaluation des politiques publiques.

Dans ce contexte où les Etats doivent limiter leurs dépenses publiques tout en soutenant une croissance économique atone, les aides publiques à la R&D et à l'innovation des entreprises méritent une attention toute particulière pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'innovation est un facteur déterminant de la performance des entreprises à long terme. En effet, sous ses nombreuses formes (innovations de produits, de procédés, de marketing ou organisationnelle), l'innovation permet aux entreprises de renforcer leur position de marché, d'améliorer leur productivité et leur profitabilité. Depuis Schumpeter (1911), qui mettait au centre de la dynamique économique l'innovation et le changement technologique, une littérature abondante s'est développée pour explorer les mécanismes par lesquels les activités de R&D des entreprises contribuent à la croissance économique. Au niveau théorique, les modèles de croissance fondés sur la R&D (Romer 1990, Aghion et Howitt 1992, Jones 1995, Dinopoulos et Thompson 1998) mettent au coeur de l'évolution de la productivité globale des facteurs et du revenu par tête d'une économie, le niveau d'investissement des firmes en R&D. Dans ces modèles, les firmes investissent en R&D pour développer de nouveaux produits et procédés qui leur permettent de se différencier et de bénéficier d'une rente de monopole. Dès lors, l'effet des activités de R&D sur la croissance économique se matérialise par l'apparition d'innovations qui vont améliorer la

productivité des entreprises et augmenter la qualité, la diversité et l'offre de biens et services. L'abondante littérature empirique mesurant l'effet des investissements privés en R&D sur l'évolution de la productivité et la croissance économique (Griliches 1992, Nadiri 1993, Zachariadis 2004) confirme assez largement les prédictions des théories de la croissance. Comme le souligne Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2001), quelle que soit le niveau d'analyse (micro, meso, macro), les études empiriques rendent compte d'une contribution significative de l'investissement (privé) en R&D à l'évolution de la productivité et de la croissance économique.

L'enjeu de l'innovation pour les pouvoirs publics et la complexité des relations qui lient R&D des firmes, innovation et croissance économique posent la question du rôle que doivent jouer les pouvoirs publics pour soutenir la R&D et l'innovation. L'intervention publique dans ce domaine couvre un spectre très large, des actions qui vont assurer un environnement propice au développement endogène d'activités de R&D, comme les investissements pour développer le capital humain et la capacité d'absorption, jusqu'aux actions qui vont protéger l'innovation comme les droits de propriété intellectuelle et la lutte contre la contrefaçon. Ce spectre d'intervention des pouvoirs publics va également intégrer les différentes aides publiques influençant plus directement les comportements d'investissement des firmes en R&D. Ces aides qui recouvrent l'ensemble des aides directes (subventions, contrats, prêts) et indirectes (incitations fiscales) se justifient théoriquement par l'existence de diverses défaillances de marché qui affectent le comportement d'investissement des firmes en R&D. La théorie économique montre notamment que les caractéristiques spécifiques des activités de R&D et d'innovation sont à l'origine d'effets externes et de distorsions¹ qui, dans un système concurrentiel, structurent les choix d'investissement et de localisation des firmes innovantes. Les modèles de croissance fondés sur la R&D partagent la vision d'Arrow (1962) ou Romer (1990) selon laquelle les activités de R&D consistent fondamentalement à produire de nouvelles connaissances et vont donc en partager les caractéristiques de bien public. Ainsi, les connaissances vont bénéficier sans compensation à d'autres acteurs économiques que ceux qui les ont produites. Dès lors, une partie de l'effet économique global des innovations n'est pas captée par ses initiateurs et ne sera donc pas intégrée dans leurs décisions d'investissement en R&D. L'existence de ces externalités de connaissances va créer un écart entre le rendement privé et le rendement social de la R&D et conduire les firmes à sous-investir en R&D par rapport à l'optimum. Ce dernier argument, couplé au rôle de l'innovation sur la croissance, constitue le principal fondement à la mise en place d'aides financières à la R&D privée.

¹Ces externalités et distorsions sont à l'origine des défaillances de marché.

L'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D est également soutenue par une vaste littérature empirique (Griliches et Lichtenberg 1984, Jones et Williams 1998, Hall et al. (2010)) qui rend compte d'un écart important entre rendement social et rendement privé de la R&D. Cet écart serait principalement imputable aux externalités de connaissances.

Cependant, la littérature théorique pointe d'autres externalités et distorsions, générant des défaillances de marché, qui affectent le comportement d'investissement des firmes. Certaines d'entre elles, comme les duplications dans les activités de R&D ou le transfert de rentes s'opérant entre anciens et nouveaux innovateurs conduisent d'ailleurs les firmes à sur-investir en R&D. En outre, on peut très bien concevoir l'existence d'externalités de connaissances négatives qui traduiraient une difficulté croissante à produire de nouvelles connaissances au cours du temps. Dans ce cas, les externalités de connaissances créent un écart positif entre rendement privé et rendement social de la R&D qui se traduit par un sur-investissement. Ces éléments font apparaître un certain contraste entre l'approche théorique du sous-investissement des firmes en R&D qui s'intéresse à différentes défaillances de marché et l'approche développée par la littérature empirique qui se concentre très largement sur les externalités de connaissances. Pourtant, il apparaît nécessaire d'appréhender dans leur ensemble les effets externes et les distorsions qui affectent le comportement d'investissement des firmes afin de disposer d'une idée assez précise de l'ampleur du sous-investissement (s'il existe) et des instruments adaptés pour corriger les défaillances engendrées. Ces questionnements autour des origines et de l'importance du sous-investissement des firmes en R&D apparaissent d'autant plus importants que l'on assiste à une multiplication et à un renforcement des dispositifs d'aides aux entreprises innovantes. Pour preuve, le principal instrument d'aide à la R&D au niveau de l'Union Européenne, le Programme Cadre de Recherche et Développement, a vu sa dotation annuelle croître de manière substantielle depuis sa mise en place en 1984 (la dotation annuelle pour 2012 représente 17 fois la dotation de 1984). Au niveau national, les nombreux dispositifs récemment mis en place ou renforcés par l'Etat français sont caractéristiques de cette tendance avec la création du statut de Jeunes Entreprises Innovantes en 2004, la création d'OSEO en 2005, la labélisation des pôles de compétitivité en 2005 ou encore l'important élargissement du Crédit Impôt Recherche opéré en 2008. A l'échelon régional, nous pouvons citer la mise en place des fonds régionaux pour l'innovation en 2009 et de nombreuses mesures d'aides à la création d'entreprises innovantes comme les avances remboursables ou les bourses en incubateur.

La multiplication des aides publiques à la R&D privée, à différentes échelles géographiques, est susceptible d'avoir des incidences sur la répartition des activi-

tés entre territoires et affecter *de facto* les inégalités territoriales. Si les activités économiques dans leur ensemble sont fortement concentrées géographiquement, les analyses spatiales montrent que ce phénomène est encore plus intense pour les activités de R&D. Une implication directe de ce fait stylisé est une répartition spatiale inégale des facteurs de la croissance. L'inconvénient des modèles de croissance fondés sur la R&D est d'être des modèles a-spatiaux où la géographie est neutre. Ces modèles ne permettent donc pas d'appréhender les problématiques de croissance localisée et d'inégalités entre territoires. A l'inverse, les modèles de l'économie géographique apportent les fondements théoriques de la concentration des activités par l'existence d'externalités pécuniaires liée au jeu des coûts de transports et des rendements croissants. Ces modèles font cependant abstraction de toute relation de causalité entre les dynamiques de croissance et l'organisation spatiale des activités économiques. Dès lors, les modèles réalisant la synthèse entre la croissance endogène et l'économie géographique (Englemann et Walz 1995, Martin et Ottaviano 1999, Baldwin et al. 2001, Riou 2003) apparaissent adaptés pour analyser les conséquences d'aides publiques à la R&D sur la croissance localisée et les inégalités territoriales, puisqu'ils intègrent les faits stylisés concernant les liens entre innovation, croissance et localisation des activités. L'interdépendance entre la croissance et la localisation des activités dans ces modèles est notamment liée à l'hypothèse que la transmission des externalités de connaissances est influencée par l'espace (contrairement aux modèles de croissance où il n'y a pas d'obstacle géographique à cette diffusion). Plus précisément, l'idée est que la transmission des connaissances n'est pas un phénomène naturel mais découle de relations répétées et de face-à-face entre firmes. L'hypothèse d'externalités de connaissances localisées est d'ailleurs largement soutenues par les travaux empiriques en géographie de l'innovation (Autant-Bernard et al., 2012).

Dans les modèles de croissance spatialisée, chaque firme industrielle produit un bien innovant et représente une externalité de connaissance potentielle pour les activités de R&D². Comme les activités industrielles sont incitées à se concentrer majoritairement dans la zone géographique où la demande est la plus forte afin de bénéficier des rendements d'échelles et de minimiser les coûts de transports, les activités de R&D vont (entièrement) se localiser dans cette zone pour bénéficier d'un potentiel de connaissances plus élevé et réduire leur coût de production. Dès lors, une causalité positive apparaît entre agglomération des activités et croissance économique puisque la réduction des coûts de production de l'innovation, permise par la concentration spatiale, va inciter davantage de firmes à mener des activités de R&D. Cette causalité positive entre agglomé-

²Ainsi, les flux de connaissances sont transmis des activités de production vers les activités de R&D.

ration et croissance, qui induit une concentration des activités et des facteurs de la croissance, implique des risques de divergences importantes entre zones économiques. En effet, la zone accueillant la majorité des activités va tirer la croissance globale et les consommateurs y habitant vont bénéficier d'un indice de prix à la consommation plus faible. Cet effet-prix est lié à la présence de coûts de transports dans l'échange de biens et implique que les zones accueillant peu de firmes devront importer davantage de biens et payer les coûts de transports associés. Le risque d'accroissement des inégalités est d'autant plus fort dans un contexte de baisse continue des coûts de transports qui réduit les avantages de l'isolement géographique³ et augmente les avantages de l'agglomération. Ces éléments mettent en évidence un certain arbitrage entre croissance et égalités territoriales⁴

Les modèles de croissance spatialisée fournissent des éléments très favorables aux politiques de soutien à la R&D pour dépasser cet arbitrage. Martin (1999) et Riou (2003) étudient l'impact de différentes politiques publiques⁵ mises en place dans le cadre de la politique régionale de l'Union Européenne dont les objectifs sont d'augmenter la croissance en Europe et de réduire les disparités internes de revenu. Leurs résultats montrent que les seules politiques à même de dépasser l'arbitrage entre efficacité économique et égalités territoriales sont celles qui permettent de réduire le coût ou d'améliorer la productivité de la R&D. A l'inverse, ils montrent que les politiques mises en oeuvre dans le cadre de la politique régionale européenne, comme le développement des infrastructures de transports, conduisent toujours à un arbitrage entre croissance et égalités. Ce résultat favorable aux politiques d'aides à la R&D mérite cependant des précisions. D'une part, Martin (1999) et Riou (2003) envisagent des politiques centralisées c'est à dire mises en place au niveau de la zone économique et pas au niveau de chaque pays ou régions. D'autre part, ces politiques centralisées n'ont pas de caractère géographique dans le sens où les auteurs supposent que les aides à la R&D sont allouées aux firmes quelle que soit leur localisation. Pourtant comme nous l'avons souligné plus haut, les dispositifs d'aides à la R&D sont mis en place par différents niveaux de juridictions et peuvent être ciblées territorialement. Puisque les activités de R&D génèrent des externalités de connaissances qui se diffusent spatialement (même de façon limitée), cela

³Au fur et à mesure que les coûts de transports se réduisent, la distance géographique devient une barrière de moins en moins forte à la concurrence extérieure et l'attractivité des grandes zones économiques augmente (pour bénéficier des rendements d'échelle) ce qui pousse les firmes à l'agglomération.

⁴Dans ces modèles, les inégalités territoriales recouvrent à la fois l'inégalité concernant la répartition des activités et l'inégalité concernant la répartition des richesses.

⁵Plus précisément, ils étudient l'impact de différentes politiques améliorant les infrastructures de transports intra et inter régionales.

implique que des politiques d'aides à la R&D vont potentiellement exercer des effets au-delà de la juridiction qui les a mises en place.

On peut alors s'interroger sur l'efficacité des différentes aides financières à la R&D privée et sur leur complémentarité, c'est à dire, sur l'efficacité globale des différents instruments utilisés. En effet, s'il apparaît nécessaire que chaque instrument, individuellement, permette d'augmenter significativement les activités de R&D entreprises par le secteur privé, il apparaît tout autant nécessaire que ces instruments n'entrent pas en conflit. Ces questions portant sur l'efficacité individuelle et globale des aides publiques à la R&D privée sont des problématiques centrales au vu des montants financiers engagés. A titre d'exemple, le coût du seul crédit d'impôt recherche en France est évaluée à plus de 5 milliards d'euros pour 2010. Il existe une très vaste littérature empirique évaluant l'impact des mesures de soutien à la R&D. Cette littérature a pour spécificité de se focaliser sur le niveau microéconomique et d'étudier l'impact d'un seul instrument à la fois. Ainsi, peu d'analyses fournissent une idée de l'effet macroéconomique de ces mesures et de leur efficacité globale. De ce fait, la notion de complémentarité entre les différentes aides publiques à la R&D privée n'a été que très peu étudiée. Précisons que cette notion de complémentarité revêt deux dimensions, la complémentarité entre instruments et la complémentarité spatiale. La complémentarité entre instruments renvoie à l'idée que les différents instruments utilisés (subventions, incitations fiscales,...) ne doivent pas rentrer en conflit pour dynamiser l'investissement privé en R&D. Quant à la complémentarité spatiale des aides à la R&D, elle renvoie à l'idée que les mesures mises en place par différentes juridictions ne doivent pas rentrer en conflit pour augmenter l'investissement privé en R&D. A l'heure actuelle, les quelques études empiriques fournissant des éléments sur la complémentarité des aides à la R&D rendent davantage compte d'effets de substitution que d'effets de complémentarité. Concernant la complémentarité entre instruments, l'étude de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) sur un panel de pays de l'OCDE, montre qu'au niveau national les aides directes (subventions et contrats) et les aides indirectes (incitations fiscales) sont des substituts pour augmenter l'investissement privé en R&D. Autrement dit, la mise en place d'une mesure de soutien indirect réduit l'efficacité des mesures de soutien directes et vice-versa. Quant à la complémentarité spatiale, l'étude de Wilson (2009) analyse l'impact des incitations fiscales à la R&D mises en place dans chaque Etat américain. Ses résultats montrent que l'efficacité des incitations fiscales n'est qu'interne aux Etats. Plus précisément, l'introduction d'un crédit d'impôt dans un Etat permet d'augmenter les investissements privés en R&D dans cet Etat mais au prix d'une baisse (équivalente) des investissements privés dans les Etats voisins. L'auteur conclut donc à une efficacité nulle de ces mesures au niveau fédéral et suggère la nécessité de mettre en place ces mesures

à ce niveau géographique.

En résumé, la complexité du processus d'innovation laisse un certain nombre de questions en suspens concernant la justification, les effets et l'efficacité globale des aides publiques à la R&D privée. L'objectif de cette thèse est d'apporter de nouveaux éléments d'analyse sur ces questions qui sont interdépendantes mais souvent traitées de manière distincte par la littérature. Cette volonté d'analyse ex ante et ex post des aides financières aux firmes innovantes apparaît nécessaire pour appréhender dans son ensemble la question de l'intervention publique et éviter certains raccourcis. A partir de la littérature sur la croissance, nous discutons ainsi de l'existence du sous-investissement des firmes en R&D en nous focalisant sur ces origines et ses implications en termes de politiques publiques. Nous apportons également de nouveaux éléments théoriques et empiriques concernant les effets et l'efficacité des aides publiques aux firmes innovantes en nous intéressant notamment à leur dimension spatiale et aux problématiques de complémentarité. Dans cette optique, nous avons donc mobilisé à la fois des outils théoriques et empiriques. Notre analyse s'articule en quatre chapitres distincts.

Le point de départ du **premier chapitre de cette thèse** est lié au constat suivant : si jusqu'à la fin des années 1990, la littérature soutenait largement l'existence d'un important sous-investissement des firmes en R&D, essentiellement imputé à la présence d'externalités de connaissances positives, les contributions théoriques plus récentes (Jones et Williams 2000, Comin 2004, Alvarez-Pelaez et Groth 2004, Reis et Sequiera 2007) mettent en doute l'importance des externalités de connaissances et du sous-investissement. Ce chapitre propose une discussion des origines et de l'ampleur du sous-investissement des firmes en R&D à partir des éléments fournis par la littérature sur la croissance endogène et ses raffinements incluant une dimension spatiale. Cette littérature qui met au coeur du processus de croissance les activités de R&D est un cadre privilégié pour mener une telle discussion et apporter des éléments de réponse aux problématiques suivantes :

Est-ce que les effets externes et les distorsions liées aux décisions d'investissement en R&D sont à l'origine de défaillances conduisant les firmes à fortement sous-investir en R&D ? Les externalités de connaissances jouent-elles un rôle prépondérant dans ce sous-investissement et quelles en sont les implications en termes de politiques à mener ?

Pour investir ces questions, nous identifions, dans un premier temps, les principales défaillances de marché incluses dans les modèles de croissance afin de caractériser leurs effets sur l'incitation des firmes à investir en R&D et ainsi déterminer les instruments adaptés pour les corriger. Cela nous permet de fournir

un panorama clair et concis sur l'origine, l'impact et les solutions à apporter pour corriger ces différentes défaillances de marché. Sur les cinq défaillances identifiées, deux conduisent les agents à sous-investir, le même nombre les conduit à sur-investir en R&D et la dernière a un effet ambigu. Ainsi, d'un point de vue purement théorique, la littérature sur la croissance ne permet pas en soi de juger de l'existence d'un sous-investissement du secteur privé en R&D. Afin de trouver des éléments de réponse à cette question, nous nous tournons vers les résultats de la littérature empirique et les calibrations de modèles théoriques. Après avoir rapidement discuté les résultats et les limites des approches empiriques, nous nous concentrons sur les éléments apportés par les approches calibrant des modèles théoriques car ils permettent de mesurer l'importance relative des différentes défaillances de marchés. Si les articles pionniers de Jones et Williams (1998, 2000) soutenaient l'idée d'un sous-investissement important des firmes en R&D, les exercices de calibrations proposés par Comin (2004), Alvarez-Pelaez & Groth (2005) ou Reis et Sequeira (2007) en relativisent fortement l'importance. Ainsi, sans toutefois écarter la possibilité que le secteur privé sous-investisse en R&D, les calibrations de modèles de croissance apportent des éléments qui soutiennent davantage l'idée d'un sous-investissement limité et spécifique plutôt que celui d'un sous-investissement massif et général. Concernant le rôle des externalités de connaissances, les résultats proposés par Jones et Williams (2000) contrastent avec ceux de la littérature empirique puisqu'ils rendent compte d'une importance limitée des externalités de connaissances. En revanche, les auteurs soulignent le rôle prépondérant du problème d'appropriabilité du surplus qui renvoie aux distorsions induites par le pouvoir de monopole des firmes innovantes. Selon nous, cette différence s'explique par le fait que les mesures empiriques de l'importance des externalités de connaissances intègrent en partie les externalités liées au problème d'appropriabilité du surplus. Cet élément de discussion a de très fortes implications en termes de politiques publiques. En effet, alors que le problème d'appropriabilité du surplus peut être corrigé par la mise en place de subventions portant sur la demande de produits et services innovants, les instruments actuellement utilisés pour soutenir la R&D privée se focalisent, en fait sur l'offre.

Comme nous l'avons discuté précédemment, il est important de tenir compte de la dimension spatiale des politiques de soutien à la R&D privée puisque, comme le montre Martin (1999) ou Riou (2003), ces politiques pourraient être des outils à privilégier pour renforcer la croissance globale et réduire les inégalités territoriales. Cependant, les résultats favorables apportés par cette littérature ne se fondent que sur l'analyse d'une baisse exogène du coût de la R&D. Autrement dit, le financement et l'allocation des aides publiques qui permettraient de réduire le coût de la R&D privée ne sont pas modélisés. Cette absence est problématique car, en ne tenant pas compte du coût de ces politiques, les ana-

lyses proposées ne permettent pas d'en apprécier les effets sur le bien-être et de déterminer le niveau d'intervention publique souhaitable. Afin d'améliorer l'analyse théorique des effets de politiques centralisées de soutien à la R&D, le **chapitre 2** propose une extension du modèle de croissance spatialisée de Martin et Ottaviano (1999). Plus précisément, nous modélisons l'action d'un régulateur central mettant en oeuvre une politique de soutien à la R&D dans une zone économique composée de deux pays asymétriques dans l'objectif d'apporter des éclairages théoriques aux problématiques suivantes :

La mise en place de politiques centralisées de soutien à la R&D permet-elle d'atteindre simultanément des objectifs de croissance et de réduction des inégalités territoriales ? Permettent-elles d'améliorer la situation de tous ? Comment le financement et l'allocation géographique des aides à la R&D affectent-elles l'efficacité d'une politique centralisée de soutien à la R&D ?

Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, nous étudions dans un premier temps les conséquences d'une politique de subvention à la R&D financée par une taxe proportionnelle (et identique dans les deux pays) sur le capital. Nous montrons que celle-ci génère un effet pro-croissance, en diminuant le coût privé de la R&D, tout en réduisant les inégalités territoriales⁶ grâce à la taxation du capital qui est à l'origine de l'inégalité de revenu entre les deux pays dans le modèle. Si la politique semble à même de renforcer l'efficacité d'une zone économique tout en réduisant les disparités internes, elle n'est cependant pas en mesure de corriger l'ensemble des défaillances de marché. Afin de déterminer les conditions sous lesquelles la politique est désirable, nous réalisons une analyse de bien-être. Nos résultats montrent que, si la politique conduit toujours à une amélioration du bien être global, cela peut se faire au prix d'effets opposés sur le bien-être de chaque pays. En effet, lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre les deux pays n'est pas assez élevée, la politique réduit le bien-être du pays à haut revenu alors qu'elle augmente le bien-être du pays à faible revenu. Ce résultat s'explique par le fait que l'effet pro-croissance de la politique est croissant avec le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances. La dernière partie du chapitre discute des effets de différentes options concernant le financement et l'allocation géographique des aides publiques à la R&D. Nous montrons qu'une différenciation sur le financement (le régulateur taxe différemment le capital suivant le pays) serait plus efficace qu'une politique non différenciée et qu'à l'inverse, une différenciation sur l'allocation (le régulateur subventionne différemment la R&D selon le pays) serait moins

⁶Cette réduction des inégalités territoriales porte à la fois sur l'inégalité de revenu et sur la répartition des firmes industrielles entre les deux pays. En revanche, la politique ne réduit pas la concentration spatiale du secteur de la R&D

efficace. La supériorité d'une politique différenciée sur le financement est liée au fait qu'elle laisse au régulateur la possibilité de contrôler l'impact de la politique sur la géographie économique (ce qui n'est pas le cas d'une politique non différenciée). L'infériorité d'une politique différenciée sur l'allocation est liée au fait qu'elle peut réduire la concentration spatiale des activités de R&D et la productivité moyenne du secteur. Ainsi, le financement et l'allocation géographique des aides publiques à la R&D semblent être des éléments affectant significativement leur efficacité.

Le chapitre 3 approfondit l'analyse théorique précédente en développant un modèle de croissance spatialisée utilisant un processus de croissance semi-endogène à la Jones (1995). Nous nous écartons donc du cadre développé dans le chapitre précédent et utilisé par l'ensemble des modèles de croissance spatialisée⁷ qui emploient un processus de croissance endogène à la Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991). Cela nous permet notamment d'étudier la sensibilité des effets d'une politique de subvention à la R&D en fonction de l'hypothèse retenue concernant les rendements des activités de R&D. Par ailleurs, en incluant une nouvelle externalité liée à l'existence de duplications dans les activités de R&D et en autorisant la possibilité d'externalités de connaissances négatives, nous développons un cadre plus riche pour discuter des effets d'une telle politique. Cela nous permet d'apporter des éléments de réponses à la problématique suivante :

Une politique centralisée de subvention à la R&D est-elle moins désirable lorsque les rendements de la R&D sont décroissants ?

Nous conservons dans ce chapitre le cadre de localisation ainsi que le mode de financement et d'allocation des aides à la R&D utilisés dans le chapitre précédent. Ainsi, les effets d'une politique centralisée de subvention à la R&D sur les inégalités territoriales sont identiques à ceux du modèle précédent. En revanche, l'utilisation d'un processus de croissance semi-endogène modifie la relation entre l'investissement en R&D et le taux de croissance. Plus précisément, la politique va exercer un effet positif sur la croissance à court terme seulement et n'aura pas d'influence à long terme. En revanche, l'effet pro-croissance de la politique à court terme va générer un effet permanent sur le nombre de biens innovants produits. Afin d'analyser les conditions sous lesquelles la politique est désirable dans ce cadre, nous réalisons une analyse de bien-être. Les résultats que nous obtenons sont relativement contre-intuitifs. En effet, alors qu'on pouvait s'attendre à ce que l'hypothèse de rendements décroissants de la R&D et l'intégration d'une

⁷A l'exception de Minniti et Parello (2011) qui utilisent également un processus de croissance semi-endogène.

externalité conduisant les firmes à sur-investir en R&D se traduise par un effet positif beaucoup plus limité de la politique sur le bien-être global et à l'apparition plus fréquente d'effets opposés sur le bien-être de chaque pays, nos résultats montrent que la conclusion inverse est à privilégier. D'ailleurs, même en supposant des externalités de connaissances négatives et une forte duplication dans les activités de R&D, il semble que la politique soit à même d'améliorer le bien-être dans les deux pays. Nos résultats montrent également que la politique peut conduire à des effets antagonistes sur le bien-être de chaque pays mais ces situations supposent des hypothèses beaucoup plus spécifiques sur les paramètres du modèle. Cet effet plus positif de la politique sur le bien-être résulte notamment d'un impact plus faible de la dimension spatiale des externalités de connaissances lorsque l'on suppose des rendements décroissants de la R&D. En effet, cette dernière hypothèse, retenue dans un cadre de croissance semi-endogène, implique un niveau d'externalités de connaissances plus faible que dans les modèles de croissance endogène qui supposent des rendements constants de la R&D. De ce fait, l'influence de la diffusion spatiale des externalités de connaissances sur la croissance est plus limitée et la réduction de la concentration spatiale des activités induit par la politique est moins problématique.

Si l'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D constitue un argument théorique pour justifier la mise en place d'aides publiques pour soutenir la R&D privée, il apparaît cependant nécessaire qu'elles produisent pleinement leurs effets incitatifs pour être réellement justifiées. Afin d'apprécier les effets incitatifs de ces aides publiques, **le chapitre 4** propose une analyse empirique des effets de différentes aides financières à la R&D sur l'investissement du secteur privé dans ces activités. Notre analyse menée au niveau macroéconomique se différencie de la majorité des études disponibles qui utilisent des données microéconomiques et étudient l'influence d'un instrument en particulier. L'étude des effets de différents instruments au niveau macroéconomique permet de fournir une idée de leur effet global et de tester l'existence d'effets complémentaires ou d'effets de substitution entre ceux-ci. Pour cela, nous distinguons les aides financières directes, qui regroupent les subventions et contrats de R&D, des aides financières indirectes qui regroupent l'ensemble des incitations fiscales à la R&D, comme les crédits d'impôts ou les déductions fiscales. En utilisant des données de panel couvrant 25 pays de l'OCDE sur la période 1990-2007, nous cherchons à apporter des éléments de réponse aux problématiques suivantes :

Les aides directes et indirectes permettent-elles d'augmenter l'investissement privé en R&D ? Ces aides sont-elles complémentaires ou substituables pour dynamiser l'investissement privé en R&D ? L'investissement des firmes en R&D dans un pays est-il influencé par les aides financières extérieures ?

En développant un premier modèle empirique intégrant un processus d'ajustement partiel des décisions d'investissement en R&D, nos estimations rendent compte d'un effet très différent des aides directes et des aides indirectes sur l'investissement privé en R&D. En effet, alors que les aides indirectes (incitations fiscales) augmentent significativement l'investissement des firmes en R&D, nos résultats montrent une relative neutralité des aides directes (subventions et contrats). Cette différence est d'autant plus importante que ces deux types d'instruments semblent être des substituts pour augmenter l'investissement privé en R&D. Ce dernier résultat est également présent dans l'étude de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) et montre la nécessité pour les pouvoirs publics d'avoir une approche globale dans la définition d'un policy mix de soutien à la R&D composé de mesures directes et indirectes. Afin d'étudier la complémentarité externe des aides financières à la R&D, c'est-à-dire, l'impact des aides financières extérieures sur l'investissement des firmes dans un pays, nous développons un second modèle dynamique intégrant une composante spatiale. Nos résultats ne montrent pas d'influence significative des aides financières extérieures (directes et indirectes). Ce résultat appuie les études empiriques rendant compte d'un impact très marginal des aides financières sur la localisation des activités de R&D. Cela suggère aussi que le niveau national est une bonne échelle pour implémenter ce type de politiques. En effet, nos résultats obtenus au niveau national montrent que les politiques extérieures n'altèrent pas l'effet des politiques internes. L'étude de Wilson (2009) réalisée au niveau des Etats américains (niveau régional) rend compte d'effets de substitution total entre aides internes et aides externes, ce qui implique un effet nul de ces mesures au niveau national.

Ce travail de thèse apporte de nouveaux éléments d'analyse et de réflexion sur la rationalité, les effets et l'efficacité des aides publiques à la R&D. Il comporte cependant un certain nombre de limites qui peuvent constituer des pistes intéressantes pour le développement de futures recherches. Nous présentons ces possibles développements dans la conclusion générale.

Chapitre 1

Le niveau d'investissement des firmes en R&D est-il optimal ? Une discussion à partir des défaillances de marché mises en évidence par la littérature sur la croissance

1.1 Introduction

Dans un système économique où les actifs immatériels jouent un rôle croissant dans la création de richesse, les activités de R&D apparaissent comme particulièrement critiques pour la compétitivité d'une économie. Les activités de R&D ont des caractéristiques très singulières qui influencent sensiblement les incitations des agents privés à investir dans de telles activités. En effet, les investissements en R&D sont souvent irréversibles et non rentables à court terme alors qu'ils nécessitent d'importants financements et sont risqués tant sur le plan de la découverte que sur l'appropriation des résultats issus des découvertes. A cela s'ajoute les caractéristiques de bien public des connaissances qui implique que les effets externes potentiels liés à la découverte de nouvelles connaissances ne sont pas intégrés dans les décisions individuelles d'investissement (car elles ne sont pas rémunérées par le marché).

La littérature économique a très largement investi les conséquences de ces caractéristiques sur les incitations des agents privés à investir en R&D. Si certaines caractéristiques génèrent des défaillances de marché qui conduisent les

firmes à sur-investir en R&D, il existe un certain consensus¹ sur le fait que les défaillances incitant les firmes à sous-investir sont plus importantes. Ces inefficiences du marché seraient donc à l'origine d'un écart positif entre le rendement social et le rendement privé des activités de R&D qui se matérialiserait par un sous-investissement des firmes dans ces activités. Cela constitue l'argument principal mis en avant pour justifier la mise en place de politiques de soutien à la R&D privée.

Si l'idée que les spécificités des activités de R&D génèrent des défaillances de marché conduisant les firmes à sous-investir en R&D a été initialement acceptée et appuyée par la littérature économique, elle est actuellement de plus en plus discutée sous l'impulsion de plusieurs facteurs. Du point de vue politique, l'accroissement des tensions autour de la situation financière du secteur public nécessite une justification et une évaluation accrue de l'orientation des dépenses publiques. Du point de vue de la littérature, la fragilité des mesures empiriques du rendement social de la R&D et l'apparition récente d'analyses théoriques mettant fortement en doute l'existence d'un important sous-investissement du secteur privé en R&D contribuent également à remettre en question cette idée.

Dès lors, comprendre l'influence des différentes défaillances de marché sur l'incitation des agents privés à mener des activités de R&D apparaît être un enjeu majeur pour caractériser les situations où le rendement social de la R&D va différer de son rendement privé et permettre de définir les instruments adéquats pour les corriger. Une compréhension approfondie des défaillances de marché permettrait ainsi de disposer de bases plus solides pour évaluer les politiques de R&D en fournissant une meilleure appréciation de l'ampleur du sous-investissement en R&D du secteur privé et de l'impact potentiel de *policy mix* (qui utilise une diversité d'instruments corrigeant chacun des défaillances spécifiques).

L'objectif de ce chapitre est de proposer une discussion du sous-investissement des firmes en R&D à partir des éléments fournis par la littérature sur la croissance endogène et ses raffinements incluant une dimension géographique. Cette vaste littérature qui met au coeur du processus de croissance l'investissement en R&D constitue un cadre privilégié pour mener une telle discussion. Dans cet objectif, nous avons identifié les principales défaillances de marché contenues dans cette littérature, caractérisé leur effets (positif ou négatif) sur l'incitation à mener des activités de R&D et mis en avant les instruments adaptés pour les corriger. Ce travail permet ainsi de fournir un panorama clair et concis sur l'origine, l'impact et les solutions à apporter pour corriger ces défaillances de marché.

¹voir Grilliches 1992 et Jones et Williams 2000 sur le sujet.

Sur les cinq défaillances identifiées, deux conduisent les agents à sous-investir et le même nombre les conduit à sur-investir en R&D. La dernière défaillance identifiée qui est liée à la géographie économique a un effet ambigu. La littérature sur la croissance montre ainsi que les caractéristiques des activités de R&D sont à l'origine de défaillances de marché ayant des effets opposés sur l'incitation à mener des activités de R&D. Ce résultat ne permet pas en soi de juger de l'existence d'un sous-investissement du secteur privé en R&D si bien que nous avons cherché une réponse dans la littérature empirique et les calibrations de modèles théoriques. Après avoir mis en avant les limites des approches empiriques², nous nous concentrons sur les résultats proposés par les approches calibrant des modèles théoriques. Outre la capacité à tenir compte de l'ensemble des défaillances de marchés identifiés, ces travaux permettent également d'estimer leur importance relative. Si les articles pionniers de Jones et Williams (1998, 2000) soutenaient l'idée d'un sous-investissement important des firmes en R&D, les exercices de calibrations proposés par Comin (2004), Alvarez-Pelaez & Groth (2005) ou Reis et Sequeira (2007) en relativisent fortement l'importance. Ainsi, sans toutefois écarter la possibilité que le secteur privé sous-investisse en R&D, les calibrations de modèles de croissance apportent des éléments qui mettent de plus en plus en doute l'idée d'un sous-investissement général et massif au profit d'un sous-investissement limité et spécifique.

La suite de ce chapitre est organisée de la façon suivante. La section 2 présente l'évolution du rôle de la R&D sur la croissance depuis le modèle de Solow jusqu'aux modèles intégrant un cadre d'économie géographique dans un modèle de croissance endogène. La section 3 présente l'origine, l'impact et les solutions pour corriger les principales défaillances de marché mises en évidence dans ces modèles. La section 4 propose une discussion de la réalité du sous-investissement des firmes en R&D en étudiant les résultats fournis par la littérature empirique et les exercices de calibrations de modèles théoriques. La section 5 présente nos conclusions.

²Ces approches considèrent et évaluent une seule défaillance de marché, à savoir, la présence d'externalités de connaissances dont la mesure est sujette à de fortes discussions. Voir Jones et Williams (1998) pour plus de détails.

1.2 Innovation et croissance : de la "boîte noire" de Solow aux nouvelles théories de la croissance

Dans cette section, notre objectif est de présenter de manière générale l'évolution des théories de la croissance depuis le modèle de Solow jusqu'aux modèles réalisant la synthèse entre Nouvelle Economie Géographique et Nouvelle Théorie de la Croissance. Nous nous attacherons notamment à montrer en quoi l'évolution de la modélisation du progrès technique influence le rôle potentiel de la sphère publique.

1.2.1 Du modèle de Solow aux modèles de croissance endogène

Le renouvellement des théories de la croissance à la fin des années 80 et au début des années 90 a permis de mettre en évidence l'importance de l'innovation pour la croissance économique. Ces théories sont apparues pour répondre aux critiques faites à l'encontre des modèles de croissance néoclassiques à la Solow (1956), à savoir, les hypothèses d'exogénéité du taux d'épargne et du progrès technique. Les principales caractéristiques des modèles de croissance à la Solow peuvent être résumées par la fonction de production suivante :

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad \alpha < 1 \quad (1.1)$$

où A représente le progrès technique exogène (productivité globale des facteurs), K_t le capital et L_t le travail. L'hypothèse fondamentale des modèles à la Solow est de considérer une productivité marginale du capital décroissante ($\alpha < 1$). Cette caractéristique implique qu'à long terme, le taux de croissance du stock de capital par tête est nul si bien que le taux de croissance du revenu par tête est égal au taux de croissance du progrès technique. Par conséquent, dans ces modèles, les pouvoirs publics ne vont pas pouvoir influencer le taux de croissance par des mesures incitatives. Les modèles de Lucas (1988) et Rebelo (1991) répondent en partie à ces critiques en endogénéisant le taux d'épargne et en supposant un rendement non décroissant du capital accumulable. En effet, comme le note Rebelo (1991) :

" [...] sustained growth [without technical progress] can be made compatible with technologies that display constant returns to scale by assuming that there are constant returns to the factor that can be accumulated."

L'originalité du modèle de Lucas (1988) est d'intégrer comme facteur de production³, le capital humain qui renvoie à l'ensemble des capacités physiques, intellectuelles et techniques des individus. Lucas (1988) suppose que le niveau du stock de capital humain est le résultat d'un processus rationnel d'agents maximisateurs qui allouent leur temps entre travail et formation. Le point crucial de ce modèle est de supposer une fonction d'accumulation du capital humain qui admet des rendements constants ce qui implique une augmentation continue du niveau de capital humain dans le temps. Les caractéristiques centrales de la fonction de production ainsi que de la fonction d'accumulation du capital humain du modèle de Lucas (1988) peuvent être résumées de la manière suivante :

$$\begin{aligned} Y_t &= AK_t^\alpha [u_t h_t L_t]^{1-\alpha} \quad \alpha < 1 \\ \dot{h}_t &= \delta h_t (1 - u_t) \quad \delta > 0 \end{aligned} \tag{1.2}$$

où A représente le progrès technique exogène, K_t le capital physique, u_t représente la part du temps consacré au travail, h_t représente le stock de capital humain et L_t le travail. Précisons que dans l'article de Lucas (1988), la fonction de production utilisée est $Y_t = AK_t^\alpha [u_t h_t L_t]^{1-\alpha} \bar{h}_t^\varphi$ où \bar{h}_t^φ représente le niveau moyen de capital humain dans l'économie. Ce terme renvoie à l'existence d'effets externes du capital humain qui affectent l'ensemble de la productivité. L'introduction d'externalités de capital humain a pour conséquence d'induire un niveau d'accumulation du capital humain sous-optimal à l'équilibre. En effet, chaque individu considérant le niveau moyen de capital humain comme donné, il n'internalise pas le fait que son investissement personnel en formation va avoir un impact positif sur le niveau moyen du capital humain et va ainsi bénéficier à l'ensemble de l'économie. Les individus vont donc choisir de consacrer une part plus faible de leur temps à la formation que ce qu'un planificateur choisirait. Ainsi, en présence d'externalités de capital humain, l'équilibre concurrentiel est sous optimal si bien que l'Etat va pouvoir jouer un rôle pour corriger cette inefficience via un système de taxation/subvention. La force principale du modèle de Lucas (1988) est de montrer l'importance de l'éducation, de la formation et de la santé sur la croissance économique puisqu'à l'équilibre le taux de croissance dépend fondamentalement du temps consacré à l'accumulation du capital humain (qu'il y ait ou non présence d'externalités).

Le célèbre modèle AK de Rebelo (1991) cherche également à dépasser la conclusion du modèle de Solow selon laquelle le taux de croissance du capital par tête converge vers le taux de croissance du progrès technique (qui est supposé exogène). Pour cela, dans le modèle AK, le rendement du capital est supposé constant. Rebelo (1991) défend cette hypothèse car dans une fonction

³En plus du capital physique.

de production de type (1.1), le facteur capital agrège de nombreuses formes du capital (machines, infrastructures, connaissances,...) qui peuvent générer des externalités positives et au total un rendement non décroissant. La fonction de production envisagée dans le modèle peut-être résumée par :

$$Y_t = AK_t \quad (1.3)$$

où A représente le progrès technique supposé exogène et K_t le capital. L'hypothèse de rendements constants du capital permet une augmentation continue du stock de capital dans le temps sans progrès technique, c'est-à-dire que le taux de croissance du revenu par tête est positif même en supposant $\dot{A} = 0$. Notons en outre qu'à l'image du modèle de Lucas (1988), l'introduction d'effets externes liés au capital dans la fonction de production (1.3) justifierait l'intervention des pouvoirs publics.

Si ces modèles de croissance endogène parviennent à répondre à certaines critiques faites à l'encontre des modèles de croissance néoclassiques, notamment concernant l'exogénéité du taux d'épargne et du taux de croissance, une insatisfaction importante demeure. En effet, les modèles de croissance endogène à la Lucas (1988) ou Rebelo (1991) postulent l'exogénéité du progrès technique⁴, c'est-à-dire qu'ils n'expliquent pas l'origine de la productivité globale des facteurs (PGF). Ainsi, ces modèles sont utiles pour explorer les déterminants de la croissance qui ne sont pas liés à l'innovation. Pourtant, la majorité des études estimant la contribution de la PGF à la croissance économique montre que celle-ci joue un rôle important (voir prépondérant) sur la croissance⁵. Les modèles présentés jusqu'ici n'intègrent pas de forme explicite du progrès technique car ces derniers sont construits dans un cadre de marchés en concurrence pure et parfaite. Or, comme le défend Romer (1990), les idées et connaissances qui sont la source des innovations ont des propriétés particulières de biens publics (biens non rivaux et biens non exclusifs) qui suggèrent que le progrès technique ne peut se produire dans un contexte de concurrence parfaite. Les modèles de Romer (1990), Grossman et Helpman (1991) ou Aghion et Howitt (1992), qui constituent la première génération de modèles de croissance endogène fondés sur la R&D, répondent à ce problème en introduisant un cadre de concurrence imparfaite. L'existence de marchés en concurrence imparfaite est liée à la présence d'un système de propriété intellectuelle qui confère un brevet d'une durée de vie infinie aux inventeurs. Ce système de brevet crée une incitation à entreprendre des activités de R&D afin de créer de nouveaux produits et procédés puisqu'il permet aux innovateurs d'obtenir une rente de monopole. Par conséquent, contrairement aux spécifications (1.1), (1.2) et (1.3) qui considèrent le

⁴Comme le font les modèles de croissance à la Solow.

⁵Voir par exemple Cette et al. (2005) et Baier et al. (2006).

paramètre A comme exogène, ces modèles expliquent l'origine et l'évolution de A comme le résultat de décisions rationnelles des agents économiques.

Ces modèles de première génération basés sur la R&D peuvent être décomposés en deux classes :

- les modèles où l'innovation se matérialise par la mise sur le marché de nouvelles variétés de produits.
- les modèles où l'innovation se matérialise par l'amélioration de la qualité des produits.

Dans la suite, nous présentons brièvement les propriétés générales de ces deux classes de modèles.

1.2.2 Les modèles de croissance endogène fondés sur la R&D

Les modèles fondés sur l'augmentation du nombre de variétés

Dans cette classe de modèles⁶, la PGF (ou progrès technique) est déterminée par le nombre d'inputs différenciés utilisés. La croissance de la PGF est donc déterminée par le rythme auquel ces inputs sont créés. L'amélioration de la productivité envisagée dans ces modèles peut s'interpréter de la manière suivante : chaque input différencié est spécialisé dans une tâche particulière du processus de production si bien que la création de nouveaux inputs va se traduire par une augmentation de la spécialisation et de la rationalisation du processus productif conduisant à une croissance de la productivité. Dans ce qui suit, notre présentation est inspirée des modèles de Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991, chap.3). On considère une économie composée de trois secteurs que l'on peut résumer par :

- 1) Un secteur en concurrence pure et parfaite produisant un bien de consommation final homogène à partir des inputs différenciés dont la technologie peut-être résumée par :

$$Y_t = \left[\int_0^{A_t} x_{it}^\sigma di \right] \quad 1 > \sigma > 0 \quad (1.4)$$

⁶Voir notamment Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991, chp.3).

où x_{it} représente la quantité de l'input i utilisée pour la production du bien final, A_t est le nombre de variétés d'inputs innovants disponible dans l'économie et σ mesure le degré de spécialisation des inputs différenciés. Plus σ est élevé, plus les inputs sont substituables.

2) Un secteur intermédiaire en concurrence monopolistique produisant les inputs différenciés. Dans ce secteur, chaque firme produit un unique input différencié en utilisant β unités de travail par unité produite et un brevet (une unité de capital). Le brevet qui contient les plans de fabrication de l'input est acheté au secteur de la R&D. Les firmes dans ce secteur étant en situation de monopole sur leur produit, la maximisation du profit conduit chacune des firmes du secteur à fixer un prix correspondant à un taux de marge identique⁷.

3) Un secteur de la R&D en concurrence pure et parfaite produisant les plans de fabrication des inputs innovants (les connaissances) qui sont brevetés puis vendus aux firmes du secteur intermédiaire⁸. Le secteur de la R&D produit de nouvelles connaissances en utilisant du travail selon une technologie donnée par :

$$\dot{A}_t = \delta A_t L_{It} \quad (1.5)$$

où $\delta > 0$ représente un paramètre exogène de productivité de la R&D et L_{It} représente la quantité de travail utilisée dans le secteur. Cette fonction de production des connaissances suppose que la productivité de la R&D augmente avec le stock de connaissances disponible A_t . Cela reflète la pensée de Romer (1990), selon laquelle les caractéristiques de non-rivalité et de non-exclusivité partielle des connaissances font que l'ensemble des chercheurs a accès au stock global de connaissances. Ces caractéristiques spécifiques des connaissances génèrent donc un effet externe positif pour l'ensemble des innovateurs potentiels.

Dans ces modèles, l'état d'équilibre est caractérisé par un taux de croissance du nombre de variétés positif et constant dans le temps. Plus précisément, le taux de croissance augmente avec le nombre de chercheurs (L_{It}). Par conséquent, une économie employant davantage de chercheurs devrait connaître un taux de croissance économique plus élevé et la mise en place de politiques en faveur de la R&D serait à même d'augmenter le taux de croissance.

⁷Cette marge constante dépend de la valeur du paramètre de substituabilité entre variétés. Plus la substituabilité est importante moins la marge est élevée puisque les firmes disposent d'un pouvoir de marché relatif moins important.

⁸Notons que l'on pourrait très bien considérer qu'après avoir créé un nouveau plan et l'avoir breveté, chaque inventeur devient producteur de l'input innovant dont il a créé les plans. Ainsi, dans cette conception, pour démarrer une activité de production, une firme intermédiaire doit préalablement effectuer des activités de R&D afin de créer les plans de fabrication de l'input.

Les modèles fondés sur l'amélioration de la qualité des produits

Dans cette classe de modèles⁹, la productivité globale des facteurs (ou progrès technique) est déterminée par le niveau de qualité des inputs utilisés. Dans cette sous-section, nous présentons les caractéristiques principales du modèle de Aghion et Howitt (1992). Dans ce modèle, le progrès technique est déterminé par le niveau de qualité d'un input intermédiaire et sa croissance provient de l'amélioration de la qualité de l'input. Cela suppose donc que la productivité et la qualité de l'input sont directement liées puisque l'amélioration de la qualité de l'input se traduit par une hausse de sa productivité. L'économie est composée de trois secteurs que l'on peut résumer par :

1) Un secteur en concurrence pure et parfaite produisant un bien de consommation final homogène en utilisant un input intermédiaire dont la technologie peut être résumée par :

$$Y_n = A_n x_n^\alpha \quad 1 > \alpha > 0 \quad (1.6)$$

où A_n représente le niveau de qualité de l'input intermédiaire, $n = 0, 1, 2, \dots$ représente le nombre d'innovations, c'est-à-dire, l'indice de qualité de l'input. x_n représente la quantité d'input utilisée. On suppose qu'une innovation augmente le niveau de qualité par un facteur $\varphi > 1$ si bien que $A_{n+1} = \varphi A_n$, où φ représente le changement dans la qualité.

2) Un secteur intermédiaire composé d'une firme en situation de monopole produisant l'input intermédiaire x_n nécessitant une unité de travail par unité produite¹⁰. Cependant, lorsqu'une innovation apparaît, elle permet de produire un niveau de qualité A_{n+1} qui rend obsolète l'input x_n qui est évincé du marché. En effet, l'ensemble des producteurs du bien final arrête d'utiliser l'input x_n et vont se tourner vers le produit le plus avancé disponible sur le marché x_{n+1} . Si une nouvelle innovation apparaît avec un nouveau produit de qualité A_{n+2} alors le produit x_{n+1} devient à son tour obsolète. Ce processus continu de destruction créatrice à la Schumpeter augmente par conséquent la productivité sur le long terme. Comme pour le modèle précédent, le pouvoir de marché de la firme produisant l'input intermédiaire le plus abouti technologiquement va lui permettre de fixer un prix de vente supérieur à son coût marginal.

3) Un secteur de la R&D en concurrence pure et parfaite composé d'inventeurs qui cherchent à améliorer la qualité de l'input intermédiaire. Lorsque ce

⁹Voir notamment Grossman et Helpman (1991, chp.4) et Aghion et Howitt (1992).

¹⁰La généralisation à plusieurs secteurs intermédiaires en situation de monopole ne modifie pas les résultats fondamentaux du modèle présenté. Voir Aghion et Howitt (1992).

dernier est au niveau A_n , le prochain niveau de qualité de l'input sera inventé suivant une distribution de Poisson avec un taux d'apparition donné par :

$$\delta L_{In} \quad \delta > 0 \quad (1.7)$$

où L_{In} représente le nombre de chercheurs lorsque x_n est l'input disponible le plus abouti, c'est-à-dire la quantité de travail utilisée dans les activités de R&D pour générer la $n + 1^{ième}$ innovation. δ représente un paramètre exogène de productivité de la R&D. Lorsqu'un inventeur réussit à améliorer la qualité de l'input intermédiaire, il bénéficie d'un brevet d'une durée de vie infinie. Ainsi, l'inventeur de la $n + 1^{ième}$ génération va devenir un monopole produisant l'input x_{n+1} . Notons que ce modèle intègre implicitement l'existence d'externalités intertemporelles de connaissances puisque l'inventeur de la qualité A_{n+1} ne réinvente pas les qualités passées A_0, A_1, \dots, A_{n-1} . Ainsi, on suppose implicitement que lorsque la qualité A_n est disponible sur le marché, les chercheurs peuvent examiner et utiliser les propriétés et caractéristiques du bien x_n pour produire le niveau de qualité A_{n+1} .

Dans ce modèle, l'état d'équilibre est caractérisé par un taux de croissance positif et constant dans le temps soutenu par l'apparition continue d'innovations augmentant la productivité des firmes du secteur final. De manière similaire au modèle fondé sur l'accroissement du nombre de variétés, le taux de croissance d'équilibre est croissant avec le nombre de chercheurs (L_{In}). En d'autres termes, l'innovation est le moteur de la croissance économique et les politiques visant à augmenter les ressources dévolues à la R&D seraient à même d'augmenter le taux de croissance de long terme.

Ainsi, si la première génération de modèles de croissance endogène fondés sur la R&D décrivent des processus d'innovation relativement différents, leurs conclusions fondamentales sont identiques. Plus précisément ces modèles mettent au coeur du processus de croissance les activités de R&D et l'innovation. Dans ces modèles, le taux de croissance d'une économie dépend prioritairement du niveau d'investissement dans les activités de R&D (mesuré par le nombre de chercheurs). L'investissement en R&D étant le résultat d'un processus rationnel, les pouvoirs publics vont pouvoir mettre en place des systèmes d'incitations pour augmenter le niveau d'investissement et *in fine* le taux de croissance de long terme.

1.2.3 Effet d'échelle et modèles de croissance de seconde génération

Si les modèles de croissance endogène de première génération permettent d'expliquer l'évolution de la PGF par des décisions économiques rationnelles et mettent en avant l'importance de l'innovation sur la croissance économique, plusieurs économistes et notamment Jones (1995a) ont montré une limite importante des conclusions de ces modèles. En effet, le taux de croissance de la PGF dépend du volume de ressources consacré aux activités de R&D c'est-à-dire que la taille de la population¹¹ est un déterminant du taux de croissance. Cet effet d'échelle propre aux modèles de première génération¹² implique que le doublement des ressources consacrées à la R&D conduit à un doublement du taux de croissance de la PGF. Cependant, comme le note Jones (1995b) :

"Empirically, of course, such a prediction receives little support. The number of scientists engaged in R&D in advanced countries has grown dramatically over the last 40 years (because of population growth and an increase in the intensity of R&D) and growth rates either have exhibited a constant mean or have declined on average"

Jones (1995b) cherche à éliminer cet effet d'échelle commun aux modèles de première génération tout en gardant leur essence. L'existence de cet effet est liée au fait que dans les fonctions de production de connaissances utilisées (voir (1.5) et (1.7)), les rendements de la R&D (mesurés par le ratio \dot{A}/L_I) sont constants¹³.

Le cadre général du modèle développé par Jones (1995b) est très proche de celui de Romer (1990) à l'exception de la fonction de production de connaissance utilisée :

$$\dot{A}_t = \delta L_{It}^\lambda A_t^\epsilon \quad \epsilon < 1 \quad (1.8)$$

où ϵ mesure le niveau des externalités intertemporelles de connaissances qui détermine les rendements de la R&D. Ce niveau d'externalités est théoriquement le résultat de deux effets de sens opposé. Le premier, déjà évoqué, renvoie à l'idée que les connaissances accumulées dans le passé augmentent la productivité de la R&D actuelle. Le second renvoie à la notion de "diminution des opportunités technologiques", c'est-à-dire que plus le stock de connaissances est important plus il devient difficile de créer de nouvelles connaissances. Finalement, ϵ sera

¹¹A préférences et conditions économiques identiques.

¹²Cet effet d'échelle est lié à l'hypothèse de rendements constants des connaissances.

¹³L'hypothèse de rendements constants de la R&D est directement liée à l'hypothèse de rendements constants des connaissances. En effet, dans les fonctions de production de connaissances (1.5) et (1.7), la productivité marginale des connaissances est constante.

positif si le premier effet l'emporte et inversement. $\lambda \in]0, 1]$ reflète la présence de duplication dans les activités de R&D, c'est-à-dire qu'une partie des chercheurs va produire des connaissances similaires. Autrement dit, la productivité marginale du travail sur la production de connaissances est décroissante.

La fonction de production de connaissances utilisée par Jones suppose donc des rendements décroissants de la R&D. Notons que si $\epsilon = 1$ et $\lambda = 1$, on retrouve la spécification utilisée par les modèles de croissance par la variété. Ainsi, les modèles à la Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991) représentent une situation particulière où les rendements de la R&D et des connaissances sont supposés constants ce qui n'est pas justifié a priori. Une discussion de ces hypothèses est proposée par Jones (1995b, p.766).

Le relâchement de l'hypothèse $\epsilon = 1$ et son remplacement par $\epsilon < 1$ conduit à un taux de croissance d'équilibre indépendant de la quantité de travail utilisée dans la R&D. Plus précisément, le taux de croissance va dépendre positivement du taux de croissance de la population (supposé exogène) et du niveau des externalités de connaissances (ϵ). Ce résultat a, a priori, de très fortes implications puisque contrairement à ce que décrivent les modèles de croissance de première génération, les autorités publiques ne pourront plus influencer le taux de croissance à long terme par des mesures incitatives en faveur de la R&D. En revanche, ces dernières vont directement affecter le niveau de revenu par tête. Comme le souligne Jones (1995b), un tel modèle ne peut être qualifié d'endogène au sens strict puisque la croissance de long terme n'est pas endogène. Cependant, ce modèle est endogène dans le sens où le progrès technique, qui génère la croissance de long terme, résulte d'activités de R&D entreprises par des agents maximisateurs. Par conséquent, Jones (1995b) propose le terme de modèle semi-endogène lorsque l'on suppose $0 < \epsilon < 1$.

Le modèle de croissance semi-endogène de Jones (1995b) a été adapté à un cadre de croissance par la qualité par Kortum (1997) et Segrestrom (1998). Cependant, les modèles de croissance semi-endogène ne représentent qu'une branche particulière des modèles de croissance de seconde génération. En effet, une littérature s'est développée à la fin des années 90 (Young 1998, Dinopoulos et Thomson 1998, Jones 1999) pour tenter de concilier rendements constants des connaissances (donc croissance endogène) et absence d'effet d'échelle. Pour simplifier, ces modèles développent un cadre où la différenciation du bien à deux dimensions (verticale et horizontale). La différenciation horizontale prend la forme d'une accumulation de variétés et permet d'éliminer l'effet d'échelle en postulant une relation linéaire entre la difficulté de découverte et le nombre de variétés disponibles. La différenciation verticale prend la forme d'améliorations

de la qualité des variétés et permet de générer une croissance endogène. Le principal résultat de ce type de modèles est d'obtenir un taux de croissance endogène sans effet d'échelle. Il est endogène dans le sens où il dépend de la proportion d'individus employés dans chacun des secteurs de la R&D. Il ne fait pas non plus apparaître d'effet d'échelle puisque le taux de croissance n'est pas lié au nombre de travailleurs engagés dans la R&D mais à la proportion du travail utilisée dans la R&D. Ainsi, contrairement aux modèles de croissance semi-endogène selon lesquels les politiques publiques ne peuvent qu'avoir un effet transitoire sur le taux de croissance, ces modèles impliquent que toute politique augmentant la part de ressources consacrées à la R&D va accroître de façon permanente le taux de croissance. D'ailleurs, les études empiriques de Madsen (2008) ou Sauroris et Payne (2011) soutiennent l'idée que le taux de croissance de la PGF est davantage lié à l'intensité de l'investissement en R&D qu'au taux de croissance de la population comme le soutiennent les modèles de croissance semi-endogène.

Cependant, comme la question de l'endogénéité du taux de croissance est fortement dépendante d'hypothèses qui sont sujettes à débat, certains économistes comme Temple (2003) remettent en cause l'importance de la question des effets d'échelle. Selon lui, ce qui est important pour les économistes est le niveau de bien-être qu'une politique publique permet d'atteindre. Ainsi, le fait qu'une politique joue sur le niveau de revenu plutôt que sur le taux de croissance de la PGF n'apparaît pas primordial puisqu'il n'est pas évident qu'une politique publique ayant un effet sur le taux de croissance soit plus efficace qu'une politique affectant le niveau de revenu. Dès lors, si une politique visant à augmenter le taux de croissance de la PGF a un effet identique sur le bien-être qu'une politique augmentant le niveau de revenu des agents, le débat entre croissance endogène et semi-endogène n'apparaît pas si pertinent. La question plus fondamentale qui découle du constat de Temple (2003) est de savoir dans quelle mesure le résultat de l'économie décentralisée s'écarte ou non de l'optimum social et de déterminer les politiques permettant d'atteindre cet optimum social. En effet, les modèles de croissance de première et seconde génération arrivent à une conclusion commune, à savoir, que des politiques incitatives en matière de R&D vont avoir des effets sur le bien-être (via un effet sur le taux de croissance ou sur le niveau de revenu).

D'ailleurs la littérature sur la croissance ne s'est pas uniquement développée dans l'optique de proposer des réponses aux problématiques d'effets d'échelle. Dans la suite de ce chapitre, nous nous concentrons sur un développement particulier issu des modèles de croissance de première génération qui a été parallèle au développement des modèles de seconde génération. A la fin des années 90, sont apparus des modèles proposant un cadre synthétique entre les nouvelles

théories du commerce international (Krugman 1991) et les modèles de croissance endogène à la Romer (1990). L'idée est de proposer un cadre d'analyse rendant compte de faits stylisés concernant les interactions entre géographie des activités économiques et croissance.

1.2.4 Géographie économique et croissance : les modèles de synthèse entre croissance endogène et nouvelle économie géographique

Les modèles de la Nouvelle Economie Géographique (NEG) fournissent une explication théorique du phénomène d'agglomération des activités économiques fondée sur l'existence d'externalités pécuniaires qui lient localisation des firmes et des consommateurs. Dans ces modèles, les externalités pécuniaires¹⁴ résultent de la combinaison des rendements croissants internes aux firmes et de coûts de transports pesant sur l'échange de biens. Plus précisément, la plupart de ces modèles et notamment le plus célèbre d'entre eux (Krugman, 1991) considère une économie ouverte composée de deux régions et deux secteurs d'activités : un secteur dit "agricole" produisant à rendement constant un bien homogène échangeable sans coût et un secteur dit "industriel" produisant à rendements croissants des biens différenciés soumis à des coûts de transport. La modélisation du secteur industriel est similaire à celle présentée dans les modèles de croissance endogène fondée sur la variété, c'est-à-dire que chaque variété de bien est produit par une unique firme où les perspectives de débouché sont soutenues par une fonction d'utilité CES des consommateurs. L'apport central des modèles NEG est de démontrer que la combinaison des rendements croissants et des coûts de transports peut produire des externalités pécuniaires qui initient des processus d'agglomération auto-entretenus.

Dès lors, l'intérêt du croisement des modèles d'économie géographique avec les modèles de croissance endogène est de permettre d'intégrer, dans un cadre dynamique, deux faits stylisés importants : une localisation des activités économiques caractérisée par l'agglomération et une dynamique d'accumulation du capital qui se nourrit de la concentration des activités. La littérature NEGG (New Economic Geography and Growth) issue de ce croisement va alors permettre de mettre en avant les liens entre géographie des activités économiques, croissance et inégalités de revenu. En termes de modélisation, cette littérature utilise un

¹⁴Les externalités pécuniaires renvoient à l'ensemble des modifications de demandes et d'offres liées aux décisions d'agents économiques. Contrairement aux externalités pures (comme les externalités de connaissances), elles sont monétisées par le marché.

processus de croissance endogène à la Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991)¹⁵, c'est-à-dire, que la croissance est soutenue par une augmentation permanente du nombre de biens. En revanche, il existe des différences concernant le cadre de localisation utilisé par ces modèles. Pour synthétiser, nous pouvons classer les modèles NEGG en deux catégories. La première catégorie de modèles inclut des mécanismes de causalité cumulatifs liés à la migration du travail ou aux liens verticaux entre industries qui ne sont pas présents dans la seconde catégorie. Cette dernière regroupe des modèles où le capital est mobile mais ses détenteurs sont immobiles si bien que chaque individu rapatrie l'ensemble de ses gains dans son pays d'origine. Ce cadre de localisation appelé Footloose Capital (FC) élimine donc la possibilité de mécanismes de causalité cumulative induits par la demande et les coûts dans les modèles Centre-Périphérie (CP) à la Krugman (1991) ou les modèles avec liens verticaux (VL) à la Krugman et Venables (1995). Ainsi, la première catégorie de modèles NEGG (avec un cadre CP ou VL) s'attache principalement à analyser la stabilité des configurations symétrique et centre-périphérie selon le niveau d'intégration économique. En revanche, pour la seconde catégorie de modèles NEGG (avec un cadre FC), la question de la stabilité des équilibres de localisation ne se pose pas puisque chaque équilibre de localisation est forcément stable. Ce cadre de localisation plus simple a notamment permis d'utiliser le cadre NEGG pour l'analyse de différentes politiques publiques. Le tableau ci-dessous regroupe les contributions à la littérature NEGG selon ces deux catégories :

Core Periphery and Vertical linkage	Footloose Capital
Englmann et Walz (1995)	Martin et Ottaviano(1999)
Walz (1996)	Martin (1999)
Walz (1999)	Baldwin et Forslid (2000a)
Baldwin et Forslid (2000b)	Baldwin, Martin et Ottaviano (2001)
Martin et Ottaviano (2001)	Riou (2003)
Fujita et Thisse (2002)	Baldwin et Martin (2004)
Fujita et Thisse (2003)	Minniti et Parello (2011)
	Montmartin (2012)

Tableau 1 : Cadre de localisation dans les modèles NEGG

Dans ce qui suit, nous présentons brièvement une extension du modèle NEGG à la Martin et Ottaviano (1999) qui utilise un cadre de localisation Footloose

¹⁵A l'exception de l'article de Minniti et Parello (2011) qui utilise un processus de croissance semi-endogène à la Jones (1995b).

Capital. Ce choix est lié à une plus grande flexibilité et simplicité de cette catégorie de modèles NEGG. L'économie est composée de deux pays i et j dont on suppose que la dotation initiale en capital est inégale ($A_i(0) > A_j(0)$) alors que la dotation en travail est identique et constante dans le temps. Les consommateurs du pays i ont donc un niveau de revenu supérieur à ceux du pays j . L'économie est composée de trois secteurs que l'on peut résumer de la façon suivante :

1) Un secteur en concurrence pure et parfaite produisant un bien de consommation homogène à rendement constant. La production de ce bien nécessite une unité de travail, et s'échange sans coût entre les pays. Ce bien sert de numéraire.

2) Un secteur industriel en concurrence monopolistique produisant des biens de consommation différenciés. Chaque firme produit un unique bien en utilisant β unités de travail par unité produite et un brevet (une unité de capital) qui est acheté au secteur de la R&D. Les biens différenciés sont soumis à un coût de transport Iceberg¹⁶.

3) Un secteur de la R&D en concurrence pure et parfaite produisant les plans de fabrication des biens différenciés qui sont brevetés puis vendus aux firmes du secteur industriel. Le secteur de la R&D produit des nouvelles connaissances en utilisant du travail selon une technologie définie par :

$$\begin{aligned} \dot{A}_t &= \delta L_{It} A_t W \\ W &= s_n + \gamma(1 - s_n) \end{aligned} \tag{1.9}$$

où $A_t W$ représente les externalités intertemporelles de connaissances. Ces dernières dépendent à la fois du stock de connaissances globales (A_t) et de la géographie économique du secteur industriel W puisque s_n représente la proportion de firmes industrielles localisées dans le pays i . Dans cette littérature, on suppose implicitement que les externalités de connaissances sont générées par les activités de production et se diffusent au secteur de la R&D. Le paramètre $\gamma \in [0, 1[$ renvoie au caractère localisé des externalités de connaissances, c'est-à-dire que les innovateurs localisés dans un pays bénéficient de l'ensemble des connaissances générées par les firmes industrielles implantées dans ce pays mais ne captent qu'une fraction de celles générées par les firmes implantées dans l'autre pays. Cette hypothèse d'externalités de connaissances bornées géographiquement renvoie à l'existence de connaissances tacites qui sont transmises par

¹⁶Les coûts de transports de type Iceberg sont équivalents à une taxe ad valorem sur l'échange de biens. Ces coûts de transports distordent les prix relatifs des biens produits localement et importé et par conséquent l'allocation mondiale de la consommation et de la production.

des contacts en face à face donc par la proximité géographique. Cette hypothèse est soutenue par les études empiriques comme celles d'Audretsch et Feldman (1996, 2004) qui montrent une transmission géographique limitée des externalités de connaissances.

Cette modélisation du caractère localisé des externalités de connaissances implique que la géographie économique va directement influencer la productivité du secteur de la R&D et par ricochet le taux de croissance. De ce fait, la concentration des activités économiques est favorable à la croissance économique. Notons que si $\gamma = 0$, les externalités de connaissances sont purement localisées alors qu'à l'inverse si $\gamma = 1$, on retrouve la spécification (4.5), c'est-à-dire que les externalités de connaissances sont globales et que la géographie économique n'affecte pas la croissance. Ce modèle qui admet des rendements constants de la R&D implique que la mise en place de mesures de soutien à la R&D permettra d'augmenter le taux de croissance.

Après cette présentation de l'évolution du lien entre R&D, innovation et croissance ainsi que ses implications en termes de politique publique, la prochaine section décrit les principales défaillances identifiées par la littérature sur la croissance et les instruments permettant de les corriger.

1.3 Défaillances de marché et instruments de soutien à la R&D

Le renouveau des théories de la croissance depuis la fin des années 80 a mis au coeur de la création de richesse, les activités de R&D et l'innovation. S'il existe de nombreux débats autour des hypothèses sur les fonctions de production de connaissances utilisées, la question centrale reste de savoir dans quelle mesure le résultat de l'économie décentralisée s'écarte ou non de l'optimum social et de déterminer les politiques publiques adaptées pour se rapprocher de l'optimum (Temple, 2003).

Dans cette section, nous présentons de manière détaillée les principales défaillances de marché identifiées par la littérature sur la croissance. Nous mettons notamment en avant les nouvelles externalités induites par l'introduction d'un cadre d'économie géographique dans un modèle de croissance endogène. Nous présentons également pour chaque défaillance, les outils de politiques publiques permettant de la corriger.

1.3.1 Les externalités de connaissances intertemporelles

L'existence d'externalités de connaissances est liée à la nature même des connaissances. En effet, la connaissance a des caractéristiques de biens publics (bien non rival et imparfaitement exclusif). Du fait de ces caractéristiques, lorsqu'une entreprise produit des connaissances grâce à ses activités de R&D, une partie de celles-ci va se diffuser à ses concurrents et à l'ensemble de l'économie sans que l'entreprise soit rémunérée pour cela. Dans les modèles de croissance endogène, ces externalités de connaissances sont intertemporelles, c'est-à-dire que les connaissances créées par une firme à la période t (grâce à ses activités de R&D) vont venir augmenter le stock de connaissances disponibles à la période $t + 1$. La littérature distingue deux effets induits par une augmentation du stock de connaissances. Le premier renvoie au fait que plus le stock de connaissances à disposition des inventeurs est important plus ils vont aisément produire de nouvelles connaissances (effet cumulatif). Dans ce cas, les externalités de connaissances augmentent la productivité de la R&D. Le second renvoie au fait que l'augmentation des connaissances peut réduire les opportunités technologiques et rendre plus difficile la découverte de nouvelles connaissances. Dans ce cas, les externalités de connaissances réduisent la productivité de la R&D. La littérature économique postule souvent que le premier effet est plus important que le second si bien que les externalités de connaissances sont dites positives, c'est-à-dire qu'elles ont un impact positif sur la productivité (future) de la R&D (ce qui se traduit par une valeur de ϵ positive dans l'expression (1.8)).

L'existence d'externalités de connaissances va créer un écart entre le niveau d'investissement choisi par les firmes et le niveau socialement optimal. En effet, lorsque les firmes vont prendre leur décision d'investissement en R&D, elles ne vont pas prendre en compte l'impact de leurs activités de R&D sur la productivité future de la R&D (qui va réduire ou augmenter le coût de l'innovation pour les futurs innovateurs selon le signe des externalités de connaissances). Le niveau choisi par un planificateur intégrerait cet effet externe. Ainsi, en présence d'externalités de connaissances positives (négatives), un système économique décentralisé sous-investit (sur-investit) en R&D par rapport à l'optimum car le niveau d'investissement résulte de décisions individuelles ne tenant pas compte de cet effet externe.

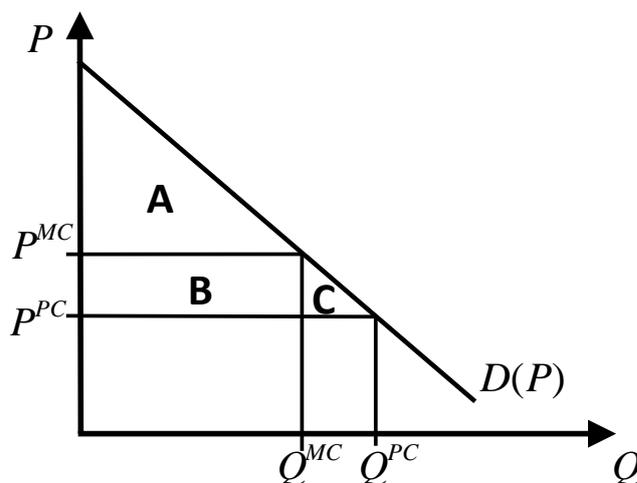
Plusieurs instruments permettent de corriger la défaillance générée par la présence d'externalités de connaissances. Lorsque ces dernières sont positives, les instruments à même de corriger cette défaillance doivent permettre d'augmenter la valeur de marché des nouvelles connaissances. Ainsi, la mise en place de subventions proportionnelles au coût de la R&D ou au prix de vente des connaissances serait à même de corriger la défaillance liée aux externalités de

connaissances (Grossman et Helpman 1991, Steger 2005). En effet, ces subventions vont augmenter la profitabilité des activités de R&D et inciter les agents à investir davantage en R&D. A l'inverse, lorsque les externalités de connaissances sont négatives, il est nécessaire de mettre en place des taxes proportionnelles au coût de la R&D ou au prix de vente des connaissances afin de réduire la profitabilité des activités de R&D.

1.3.2 Le problème d'appropriabilité du surplus

Le problème d'appropriabilité du surplus renvoie à l'impossibilité pour les firmes de s'approprier l'ensemble du supplément de bien-être potentiel généré par la mise sur le marché de leurs innovations. Si le système de brevet crée une incitation à innover en conférant une rente de monopole aux inventeurs, la forme de monopole ne leur permet pas de capter la totalité du supplément de bien-être généré par la mise sur le marché de leur innovation. En effet, les entreprises sont supposées en situation de monopole classique et non pas de monopole discriminant. Le comportement de monopole classique crée une distorsion sur les prix et les quantités produites par rapport à l'optimum et conduit les agents à sous-investir en R&D.

Pour simplifier notre propos, nous représentons graphiquement l'inefficience statique liée à l'imparfaite appropriation du bien-être (et nous en tirerons les conséquence en terme d'inefficience dynamique). Le graphique ci-dessous représente le bien-être social généré par la mise sur le marché d'un nouveau bien différencié (un bien innovant).



$D(P)$ représente la fonction de demande pour un nouveau bien différencié. P^{MC} représente le prix fixé par la firme en situation de monopole et P^{PC} représente le coût marginal de production du bien (c'est-à-dire le prix fixé en situation de CPP). Q^{MC} représente la production de la firme en monopole et Q^{PC} représente la production d'une firme en situation de CPP.

A l'équilibre décentralisé, le bien-être généré par la mise sur le marché d'un nouveau bien différencié est représenté par les aires A et B. L'aire A représente le surplus des consommateurs c'est-à-dire le supplément de bien-être obtenu par l'ensemble des consommateurs ayant un prix de réserve supérieur au prix de vente du bien. L'aire B représente le profit de la firme c'est-à-dire la différence entre ses recettes totales et son coût de production. Comme on peut le constater, le comportement de monopole de la firme induit une inefficience statique représentée par l'aire C. En fixant un prix supérieur au coût marginal, la firme réduit la demande et son niveau de production par rapport à une situation où les biens seraient vendus à leur coût marginal (c'est le célèbre "deadweight loss").

En termes d'inefficience dynamique, l'incitation à mener des activités de R&D dépend de la rentabilité de l'innovation c'est-à-dire du flux de profit que les firmes du secteur intermédiaire obtiennent grâce à la mise sur le marché d'une nouvelle variété. Le profit obtenu à chaque période est représenté par l'aire B alors que le supplément de bien-être potentiel (social) liée à la mise sur le marché d'un nouveau produit est représenté par l'aire ABC. Ainsi, l'inefficience dynamique n'est pas seulement liée à l'inefficience statique (aire C) mais aussi à la non appropriation du surplus des consommateurs dans la situation de monopole (aire A). Cette non appropriation du supplément de bien-être potentiel est à l'origine d'un écart entre le rendement privé et le rendement social de la R&D. Par conséquent, le problème d'appropriation du surplus constitue une défaillance de marché conduisant les firmes à sous-investir en R&D par rapport au niveau socialement optimal.

Plusieurs politiques publiques sont à même de corriger le problème d'appropriabilité du surplus comme le montre Sorensen (2006). En utilisant une variante du modèle de Jones (1995b)¹⁷, il montre que cette défaillance qui génère une inefficience statique et dynamique peut être corrigée soit par un seul instrument soit par le mix de deux instruments.

L'instrument capable de corriger simultanément l'inefficience statique et dynamique liée au problème d'appropriabilité du surplus est la mise en place d'une

¹⁷Plus précisément, il utilise le modèle de Jones (1995b) en éliminant les externalités de connaissances et les duplications dans les activités de R&D afin de se concentrer sur le problème d'appropriabilité du surplus.

subvention couvrant une partie du coût d'achat des biens différenciés. Une telle subvention va permettre d'augmenter la demande de biens différenciés et le profit des firmes mettant sur le marché ces produits. Cette augmentation du profit augmente le rendement de l'innovation et incite davantage de firmes à entreprendre des activités de R&D contribuant ainsi à augmenter le niveau global d'investissement dans ces activités. Cette subvention permet donc de corriger l'inefficience statique (via l'augmentation de la demande de biens différenciés) et l'inefficience dynamique (via l'augmentation de l'incitation à mener des activités de R&D).

Sorensen (2006) montre que cette défaillance de marché peut également être corrigée par un mix de deux instruments. Le premier instrument est une subvention proportionnelle à la production de biens différenciés et le deuxième instrument est une subvention proportionnelle au coût de la R&D (le secteur de la R&D produit des plans de fabrication de biens différenciés qui sont brevetés et vendus au secteur intermédiaire qui produit les biens différenciés). La subvention à la production de biens différenciés incite les firmes du secteur intermédiaire à augmenter leur production et va permettre de corriger l'inefficience statique (la trop faible production de biens différenciés). En revanche cette subvention ne permet pas d'augmenter le profit des firmes par rapport à la situation de monopole car, si elle incite les firmes à augmenter leur production, elle les incite également à réduire leur prix de vente jusqu'à leur coût marginal. Ainsi, le profit obtenu par les firmes est identique à celui obtenu à l'équilibre décentralisé et donné par le taux de subvention fois leur production. Cet instrument ne permet donc pas d'augmenter l'incitation à mener des activités de R&D, c'est pourquoi il est nécessaire d'utiliser un second instrument pour corriger l'inefficience dynamique. La subvention à la R&D va réduire le coût de ces activités et inciter un plus grand nombre de firmes à s'y engager. Il suit qu'elle permet d'augmenter le niveau d'investissement global en R&D et de corriger l'inefficience dynamique liée au problème d'appropriabilité du surplus.

1.3.3 Les duplications d'activités de R&D

Si les deux défaillances de l'économie décentralisée présentées jusqu'ici conduisent les firmes à sous-investir en R&D, d'autres défaillances jouent en sens inverse. Les firmes d'une même industrie peuvent se lancer dans une course à l'innovation dans l'espoir d'être les premières à développer et breveter un nouveau produit ou procédé. Les programmes de R&D mis en place peuvent être fortement concomitants si bien qu'un risque important de duplication apparaît¹⁸.

¹⁸La probabilité de duplication augmente avec le nombre de firmes engagées dans les activités de R&D dans les modèles de course à l'innovation.

Notons que si les problèmes de duplication des activités de R&D sont introduits dans certains modèles macroéconomiques, ils ont été mis en évidence par les modèles de course au brevet (Dasgupta et Stiglitz, 1980).

Du point de vue du rendement social de la R&D, ces duplications constituent une inefficience puisque les firmes ne prennent pas en compte dans leurs décisions d'investissement le fait qu'une partie de la R&D qu'elles vont mener sera également menée par des concurrents. Ces externalités de duplication conduisent donc les firmes à sur-investir en R&D par rapport au niveau socialement optimal. L'existence de duplications est souvent utilisée pour justifier l'hypothèse de rendement décroissant des activités de R&D, i.e., le fait de doubler le nombre de chercheurs / les ressources en R&D ne va pas permettre de doubler le nombre d'idées nouvelles ou de découvertes¹⁹. Dans la spécification (1.8), le terme $\lambda \in [0, 1[$ représente le degré des externalités de duplications. Plus λ s'approche de 0 plus les activités de R&D sont dupliquées.

Pour corriger cette défaillance, la littérature théorique propose les mêmes instruments que ceux utilisés pour corriger la défaillance liée à la présence d'externalités de connaissances. Comme le montre Steger (2005), une taxe (ou subvention négative) sur le coût des activités de R&D ou sur la production de connaissances est à même de corriger le problème de duplication. En effet, ces taxes vont augmenter le coût des activités de R&D et réduire l'incitation à s'y engager. Ainsi, que ces duplications soient le résultat de comportement intentionnel (course au brevet) ou de processus accidentel, l'augmentation du coût de la R&D va permettre de réduire l'investissement global en R&D. Notons par ailleurs que la littérature microéconomique montre que la coopération dans les activités de R&D (Dalhlia et al. 2004) est à même de réduire voir d'éliminer les problèmes de duplication. Les formes les plus poussées de coopération en R&D étant théoriquement plus efficaces pour éliminer les problèmes de duplication. Autrement dit, la création de Research Joint Venture (RJV) dans lesquelles les firmes coopèrent dans l'ensemble du cycle de l'innovation (des activités de R&D aux décisions de production de l'innovation) fournirait des incitations pertinentes pour corriger cette défaillance.

¹⁹Kortum (1993), en utilisant des données de brevet aux Etats-Unis, montre l'existence de rendements décroissants dans les activités de R&D attribuables selon lui au phénomène de duplication.

1.3.4 Le transfert de rentes

Le transfert de rentes entre anciens et nouveaux innovateurs constitue une seconde défaillance qui amène les firmes à sur-investir en R&D. Le cas le plus radical est représenté dans les modèles de croissance par la qualité comme le modèle d'Aghion et Howitt (1992). En effet, dans cette conception de la dynamique de croissance, l'innovation rend obsolète les produits et technologies existantes si bien qu'à chaque nouvelle vague d'innovation, un transfert total de rentes s'opère des anciens innovateurs vers les nouveaux. Dans le cadre des modèles de croissance par la variété, le transfert de rentes est moins radical. Lorsqu'une entreprise lance une nouvelle variété, elle va réduire la demande adressée à l'ensemble des autres firmes produisant des biens différenciés et ainsi réduire leur profit (mais sans le réduire à néant).

La défaillance de marché liée au transfert de rentes se traduit par un sur-investissement des firmes en R&D car ces dernières n'internalisent pas l'effet négatif de la mise sur le marché de leurs innovations sur le profit des firmes existantes. L'incitation à investir dans la R&D de l'équilibre décentralisé est trop forte et le rythme d'apparition des innovations trop rapide. Les premiers auteurs des nouvelles théories de la croissance (Grossman et Helpman 1991, Aghion et Howitt 1992) associent clairement ce transfert de rentes au processus de destruction créatrice évoqué par Schumpeter.

Précisons comme Grossman et Helpman (1991, ch.3, p.82-83) que l'utilisation d'une fonction de production CES dans les modèles de croissance par la variété implique une stricte compensation entre l'effet marginal d'une innovation sur le surplus des consommateurs (aire A sur la figure 1) et son effet sur la réduction du profit des firmes déjà en place. Le transfert de rentes va donc limiter l'incitation à sous-investir en R&D induit par le problème d'appropriabilité du surplus. Plus précisément, cela implique que dans les modèles de croissance par la variété, l'inefficience dynamique liée au problème d'appropriabilité du surplus n'est lié qu'à son inefficience statique (aire C) c'est-à-dire à son comportement de monopole. En revanche, comme le montrent Grossman et Helpman (1991), cette compensation n'est pas automatique dans les modèles de croissance par la qualité (1991, chp.4, p.110-111). En effet, le transfert de rentes étant total (donc plus important), il n'y a pas compensation automatique entre les gains de bien-être des consommateurs et les pertes de profit des firmes.

Comme le note Steger (2005), les instruments à même de corriger cette défaillance sont les mêmes que ceux utilisés pour corriger le problème de duplication dans les activités de R&D, à savoir, une taxe proportionnelle sur le coût de la

R&D ou sur le prix de vente des connaissances. Ces taxes vont permettre de réduire le rendement de l'innovation et par conséquent l'investissement en R&D. L'économie croîtra à un rythme plus faible et les innovateurs bénéficieront d'une rente de monopole plus importante dans le temps.

1.3.5 Les externalités liées au choix de localisation dans les modèles NEGG

Les modèles NEGG (New Economic Geography and Growth) qui réalisent une synthèse entre les modèles d'économie géographique et les modèles de croissance endogène fondés sur la variété fournissent un cadre d'analyse permettant de rendre compte des interactions entre géographie économique et croissance. Dans ces modèles, une nouvelle défaillance de marché potentielle liée à la géographie économique apparaît. Afin de mettre en évidence les externalités liées au choix de localisation des firmes et leur impact sur l'incitation à mener des activités de R&D, nous présentons dans le tableau ci-dessous les expressions d'équilibre du modèle de Martin et Ottaviano (1999) avec externalités de connaissances (partiellement) localisées²⁰.

Fonction de production des connaissances	$\dot{A}_t = L_{It}/F_I, \quad F_I = A^{-1}[s_n + \gamma(1 - s_n)]^{-1}$
Taux de croissance	$g^* = \frac{2L\alpha[s_n + \gamma(1 - s_n)]}{\sigma} - \rho \left(\frac{\sigma - \alpha}{\sigma} \right)$
Revenu nominaux	$E_i^* = 1 + \frac{\rho s_k}{L[s_n + \gamma(1 - s_n)]} \quad E_j^* = 1 + \frac{\rho(1 - s_k)}{L[s_n + \gamma(1 - s_n)]}$
Indice de prix nationaux	$P_i = N_w^{\frac{1}{1-\sigma}} \frac{\beta\sigma}{\sigma-1} [s_n + \phi(1 - s_n)]^{\frac{1}{1-\sigma}}$ $P_j = N_w^{\frac{1}{1-\sigma}} \frac{\beta\sigma}{\sigma-1} [\phi s_n + (1 - s_n)]^{\frac{1}{1-\sigma}}$

Tableau 2 : Expressions d'équilibre du modèle de Martin et Ottaviano (1999)

²⁰Nous présentons le modèle avec externalités (partiellement) localisées car si nous supposons des externalités de connaissances globales, la géographie économique n'influence plus la croissance économique.

où F_I représente le coût marginal de production des connaissances, L représente la quantité de travail dans chaque pays, α la part de la consommation allouée aux biens différenciés, σ l'élasticité-prix de la demande et ρ le taux de préférence pour le présent. $\phi \in [0, 1[$ représente le degré d'intégration commercial entre les deux pays alors que $\gamma \in [0, 1[$ représente le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances, c'est-à-dire la proportion de connaissances produites dans un pays dont peuvent bénéficier les firmes localisées dans l'autre pays. Enfin, $s_k = A_i/A_w$ représente la proportion de capital détenue par le pays i et $s_n = N_i/N_w$ représente la part de firmes localisées dans le pays i .

L'hypothèse d'externalités de connaissances (partiellement) localisées implique que le coût marginal de production des connaissances est décroissant avec la concentration spatiale des activités industrielles (car cela permet aux innovateurs de bénéficier de davantage de connaissances). Ainsi, dans le modèle, la géographie économique influence directement l'incitation des agents à mener des activités de R&D en modifiant le coût marginal de production des connaissances. La décision de localisation des firmes est uniquement basée sur la comparaison des niveaux de profits obtenus dans chaque pays. Or, comme on peut le voir sur le tableau 2, la localisation des firmes (s_n) affecte à la fois les indices de prix CES, le taux de croissance et les revenus. Ainsi, les firmes ne vont pas prendre en compte l'effet de leur décision de localisation sur ces trois variables. Par conséquent, le choix de localisation est à l'origine de trois externalités qui affectent le bien-être et que les firmes n'internalisent pas.

La première externalité renvoie à l'impact direct de la géographie économique sur le niveau des indices de prix CES puisque les échanges de biens différenciés sont soumis à des coûts de transport. On peut facilement montrer que les coûts de transports supportés au niveau mondial (par les consommateurs du pays i et j) sont minimisés lorsque les activités industrielles sont parfaitement dispersées entre les deux pays. A l'équilibre décentralisé du modèle, on sait que le pays à haut revenu (pays i) attire plus de la moitié des firmes industrielles du fait du Home Market Effect²¹. Par conséquent, la localisation du secteur industriel est sous-optimale du point de vue de cette externalité. Puisqu'une concentration

²¹Le Home Market Effect ou effet taille de marché renvoie au fait que le pays qui a la plus grande taille de marché attire une part plus que proportionnelle de firmes industrielles. L'existence d'un effet taille de marché est issu de l'interaction de force jouant en sens inverse. D'un côté, il existe une force poussant à l'agglomération qui dépend de la distribution spatiale des consommateurs. Cette force centripète est d'autant plus intense que la taille du grand marché augmente et que les coûts au commerce sont faibles. De l'autre côté, il existe une force poussant à la dispersion qui dépend de la distribution spatiale des firmes. Cette force centrifuge est d'autant plus forte que les coûts au commerce sont élevés. L'équilibre de localisation se définit alors comme la situation où ces deux forces se compensent exactement.

spatiale plus forte induit un coût de production plus faible de la R&D, il suit que les agents sont trop incités à investir en R&D. Ainsi, la non prise en compte de cette externalité conduit les agents à sur-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus élevé).

La seconde externalité renvoie à l'impact indirect de la géographie économique sur les indices de prix CES via son effet sur le taux de croissance. En réduisant le coût de production des connaissances, la concentration spatiale (s_n) incite davantage d'agents à mener des activités de R&D. Cela va augmenter le taux de croissance ce qui implique que davantage de variétés (N_w) seront produites. On peut remarquer que les indices de prix CES des deux pays sont décroissants avec le nombre de variétés (voir tableau 1). Le taux de croissance est maximal lorsque le secteur industriel est entièrement localisé dans le pays à haut revenu. Ainsi, dès lors que la concentration spatiale du secteur industriel n'est pas totale dans le pays à haut revenu, la localisation est sous-optimale du point de vue de cette externalité. Puisque la concentration spatiale réduit le coût de production des connaissances et augmente les incitations à mener des activités de R&D, il suit que la non prise en compte de l'effet pro-croissance de la concentration spatiale conduit les agents à sous-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus faible).

La troisième externalité renvoie à l'impact direct de la géographie du secteur industriel sur le revenu nominal des consommateurs. Un renforcement de la concentration spatiale se traduit par la mise sur le marché de davantage de variétés, c'est-à-dire par une intensification de la concurrence dans le secteur industriel²². Ainsi, le profit et la valeur de marché des firmes industrielles diminuent ce qui réduit la valeur nominale du capital des consommateurs (constitué des titres de propriétés de ces firmes). Du point de vue de cette externalité, la localisation optimale est un équilibre dispersé du secteur industriel. Or, nous savons que du fait du Home Market Effect, une majorité de firmes s'implante dans le pays à haut revenu. Ainsi la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé est trop élevée par rapport à l'optimum. L'incitation à mener des activités de R&D étant croissante avec la concentration spatiale, il suit que la non prise en compte de cette externalité conduit les agents à sur-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus élevé).

²²Rappelons que chaque firme ne produit qu'une seule variété dans ce modèle du fait des économies d'échelle.

1.4 Un système économique décentralisé conduit-il le secteur privé à sous-investir en R&D ? 39

Pour résumer lorsque les externalités de connaissances sont localisées, le choix de localisation des firmes industrielles génère trois externalités qu'elles ne prennent pas en compte. Deux d'entre elles plaident pour un équilibre dispersé et conduisent donc les agents à sur-investir en R&D alors que la troisième plaide pour un équilibre concentré et conduit les agents à sous-investir. Dès lors, l'impact du choix de localisation sur l'écart entre investissement d'équilibre et investissement optimal dépend de la force relative de ces trois effets externes. Cependant, du fait de la complexité du modèle, nous ne pouvons pas déterminer de manière analytique la géographie optimale et savoir si la défaillance de marché induit par le choix de localisation conduit l'économie décentralisée à sur ou sous investir en R&D. Nous pouvons simplement distinguer deux cas. Si la concentration du secteur industriel à l'équilibre décentralisé est supérieure à la concentration optimale alors les externalités liées au choix de localisation constituent une défaillance conduisant à sur-investir en R&D. Si la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé est inférieure à la concentration optimale alors les externalités liées au choix de localisation constituent une défaillance conduisant les agents à sous-investir en R&D.

La subvention à la localisation est le principal instrument à même d'influencer la localisation du secteur industriel et par conséquent de corriger cette défaillance de marché. Cette subvention permet d'augmenter l'attractivité relative d'un pays et ainsi modifier la géographie du secteur industriel. Bien évidemment, le choix du pays à subventionner dépend de l'écart entre la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé et la concentration spatiale optimale. Si celui-ci est négatif (positif), les subventions devront être en direction du pays à haut (faible) revenu afin d'augmenter son attractivité.

1.4 Un système économique décentralisé conduit-il le secteur privé à sous-investir en R&D ?

Dans la section précédente, nous avons présenté les principales défaillances de marché pouvant créer un écart entre le niveau d'investissement en R&D de l'équilibre décentralisé et son niveau optimal. Certaines de ces défaillances conduisent les firmes à sous-investir en R&D alors que d'autres les conduisent à sur-investir. Cette section présente les différentes méthodes proposées par la littérature pour mesurer l'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D. Nous présentons également les principaux résultats fournis par cette littérature afin de discuter de l'existence (et de l'importance) de l'écart entre rendement social et rendement privé de la R&D.

1.4.1 Les mesures empiriques du rendement social de la R&D et leurs limites

Comme le rappellent Jones & Williams (2000), si la littérature théorique fournit de nombreux éléments qui pourraient expliquer un niveau d'investissement privé en R&D trop faible, il y a au moins autant de raisons de penser que cet investissement pourrait être trop important. Par conséquent, les modèles théoriques ne parviennent pas à proposer une conclusion sur l'existence d'un écart entre rendement social et rendement privé de la R&D. Il faut donc chercher la réponse dans les résultats proposés par les études empiriques.

Dans la littérature sur la productivité, l'impact des activités de R&D sur la croissance de la PGF est mesurée par l'approche comptable de la croissance qui considère que les possibilités de production des firmes peuvent être représentées par une fonction de production intégrant un terme mesurant le progrès technique. Plus spécifiquement, une partie de cette littérature considère simplement l'investissement en R&D comme une alternative à l'investissement en capital dans un modèle néoclassique standard. Le stock de R&D est inclus dans la fonction de production et le rendement social de la R&D est défini par la dérivée partielle de la production par rapport au stock de R&D. En utilisant la logique de la comptabilité de la croissance, la mesure empirique du rendement social de la R&D utilise la spécification suivante :

$$\Delta \log A = \alpha + \tilde{r}_{PL} \frac{R}{Y} + u$$

où A représente la PGF, R les ressources consacrées à la R&D et Y la production. Les termes α et u représentent respectivement la constante et le terme d'erreur du modèle. Dans cette spécification, on régresse la croissance de la PGF sur la part des dépenses de R&D dans la production²³. Ainsi, \tilde{r}_{PL} mesure la contribution de l'intensité des dépenses de R&D à la croissance de la PGF c'est-à-dire le taux de rendement de la R&D.

Cette littérature empirique estime le rendement privé de la R&D en utilisant la part du CA dévolue aux activités de R&D au niveau d'une entreprise alors que le rendement social est estimé en utilisant l'intensité des dépenses de R&D au niveau du secteur d'activités afin de capturer les externalités technologiques entre firmes. Cette mesure du rendement social de la R&D a été étendue assez rapidement dans la littérature par Scherer (1982) ou Griliches et Lichtenberg (1984). L'idée est de proposer une mesure du rendement social de la R&D qui capture à la fois le rendement social "sectoriel" (c'est-à-dire le rendement privé

²³On peut aisément ajouter dans cette spécification des variables de contrôle.

et les externalités de connaissances intra-sectorielles) et le rendement "importé" qui renvoie à l'impact des activités de R&D menées dans les autres secteurs sur la productivité du secteur. Afin de mesurer cette seconde "partie" du rendement social de la R&D, on intègre comme variable explicative de l'évolution de la variation de la PGF d'un secteur, une mesure des inputs utilisés pour la R&D provenant d'autres secteurs. Cette mesure prend souvent la forme d'une matrice de flux technologiques entre industries basées sur des données de brevets ou de flux d'inputs-outputs entre secteurs.

Les estimations fournies par la littérature sur la productivité montrent deux résultats principaux. D'une part, le rendement social de la R&D serait bien supérieur à son rendement privé ce qui impliquerait un sous-investissement important des firmes en R&D. D'autre part, les externalités de connaissances joueraient un rôle prépondérant dans cet écart (voir Griliches (1992) et Jones et Williams (1998) pour une revue). D'ailleurs dans son survey de cette littérature, Griliches (1992, p.43) conclut :

"[...] there has been a significant number of reasonably well done studies all pointing in the same direction : R&D spillovers are present, their magnitude may be quite large, and social rates of return remain significantly above private rates."

Cependant, comme le souligne lui-même Griliches (1992, p.44), les estimations fournies par cette littérature peuvent surestimer l'impact des externalités de connaissances du fait d'importants problèmes de mesure²⁴. Ces problèmes de mesure sont en partie liés à la notion même d'externalités de connaissances dont la définition et le périmètre sont variables dans la littérature. Par exemple, selon Griliches (1992, p.36), il ne faut pas considérer comme externalités de connaissances pour une firme, les externalités pécuniaires liés à l'utilisation d'inputs innovants provenant d'autres industries mêmes si celles-ci génèrent d'importants gains de productivité. L'idée est que ces externalités sont la conséquence de problèmes de mesures de la vraie valeur des inputs innovants (liés aux contraintes tarifaires, aux problèmes d'asymétrie d'information, de coûts de transaction,...) et non pas à l'utilisation directe de nouvelles connaissances produites par ces industries. Ainsi, ces externalités que nous appellerons *externalités pécuniaires de l'innovation* renvoient donc à des effets de débordement non liés à l'utilisation de connaissances mais à l'utilisation d'un produit ou service innovant²⁵. Il faut clairement les distinguer des externalités de connaissances qui reflètent les effets de débordements induits par la production de connaissances et leur utilisation

²⁴Une discussion approfondie de ces problèmes est proposée par Griliches (1979 & 1992).

²⁵Notons que l'on peut très bien imaginer que ces *externalités pécuniaires de l'innovation* puissent être négatives, c'est-à-dire que les inputs innovants soient trop valorisés par rapport aux gains de productivité qu'ils apportent.

par des tiers. Les externalités de connaissances intègrent donc les gains de productivité liés à l'utilisation de nouvelles connaissances et non pas à l'utilisation de produits dans lesquels ces nouvelles connaissances sont présentes.

Dans la pratique, il apparaît très difficile de distinguer les *externalités pécuniaires de l'innovation* des externalités de connaissances. Par conséquent, il est probable que la plupart des estimations de la littérature sur la productivité comptabilisent au moins en partie, dans leur mesure des externalités de connaissances, les *externalités pécuniaires de l'innovation*. Dès lors, l'importance donnée par cette littérature aux externalités de connaissances dans l'explication de l'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D apparaît biaisée à la hausse. Outre ces problèmes de mesure, Jones et Williams (1998, p.1120) notent que :

"In fact, theory provides some reason to question findings of the empirical productivity literature. The results of this literature are nearly all based on a neoclassical theory of growth [...] that ignores many of the distortions associated with research that are formalized by new growth theory [...]. Because these considerations are omitted in the empirical literature, we may in fact have very little information about the true social rate of return to R&D."

Si les spécifications utilisées dans la littérature sur la productivité intègrent explicitement l'existence d'externalités de connaissances²⁶, elles ne tiennent pas compte des autres défaillances de l'économie décentralisée mises en évidence dans les modèles de croissance (et notamment celles conduisant les firmes à sur-investir en R&D). Comme le souligne Jones et Williams (1998), cette focalisation sur la mesure d'une défaillance en particulier, à savoir, les externalités de connaissances, ne permet pas à la littérature sur la productivité de fournir des estimations satisfaisantes du rendement social de la R&D.

1.4.2 Les mesures théoriques du rendement social de la R&D

Face aux limites des mesures du rendement social de la R&D proposées par la littérature empirique sur la productivité, Jones et Williams (1998) proposent une mesure plus générale obtenue à partir d'un modèle de croissance semi-endogène à la Jones (1995b). Ils obtiennent ainsi une mesure analytique du rendement social de la R&D basée sur un cadre théorique autorisant la prise en compte explicite de

²⁶Dans la littérature sur la productivité, les auteurs ont utilisé dans leurs spécifications différentes mesures des canaux de transmissions des externalités de connaissances, voir Sena (2004) pour une revue.

plusieurs défaillances de marché. Cette approche leur permet également d'établir une relation analytique entre leur mesure du rendement social et celle proposée par la littérature sur la productivité.

Jones et Williams (1998) définissent le rendement social de la R&D comme le gain de consommation à la période $t + 1$ obtenu de la réallocation à la période t d'une unité de produit de la consommation vers les activités de R&D en supposant que le stock de connaissances reste inchangé à la période $t + 2$. Ils appliquent cette définition du rendement social de la R&D à un modèle de croissance semi-endogène fondé sur la variété dont les capacités de production sont résumées par :

$$\begin{aligned} Y &= A^\sigma K^\alpha L_Y^{1-\alpha} \\ (1 + \psi)\dot{A} &= \delta L_I^\lambda A^\epsilon \end{aligned} \tag{1.10}$$

où Y représente la production, A la PGF, K la capital physique, L_Y la quantité de travail utilisée dans la production du bien final et L_I représente la quantité de travail utilisée dans le secteur de la R&D. Les paramètres σ , α renvoient respectivement au rendement de la spécialisation et au rendement du capital alors que les paramètres λ et ϵ renvoient respectivement aux externalités de duplications et aux externalités de connaissances. $\psi > 0$ est un paramètre introduit par Jones et Williams (1998, 2000) pour tenir compte du phénomène de destruction créatrice. Ce paramètre renvoie au concept de grappes d'innovation qui décrit l'idée selon laquelle plusieurs innovations arrivent par grappes sur le marché et que les entreprises doivent adopter toutes ces innovations pour en tirer un avantage. Dans le modèle, cela implique qu'une partie des nouveaux biens intermédiaires (ψ variétés) produits ne correspondent qu'à des nouvelles versions de biens existants et ne constituent pas de réelle innovation. Par conséquent, du point de vue de la société, seules $1/(1 + \psi)$ variétés améliorent réellement le bien-être. En revanche, du point de vue des inventeurs, l'ensemble des nouveaux biens produits procure une rente de monopole qu'ils soient réellement nouveaux ou de simples nouvelles versions de produits existants si bien que l'existence de grappes d'innovation constitue une défaillance de marché conduisant les firmes à sur-investir en R&D.

Une remarque peut être faite concernant l'introduction du paramètre ψ dans le modèle de Jones et Williams (1998). Les auteurs l'introduisent pour tenir compte du phénomène de destruction créatrice ce qui suppose que leur modèle de croissance par la variété ne rend pas compte du phénomène de destruction créatrice. Or, comme nous l'avons montré dans la section précédente, les modèles de croissance par la variété intègre un processus de transfert de rentes

des anciens innovateurs vers les nouveaux (qui renvoie au processus de destruction créatrice). Certes, ce transfert de rentes est moins important que dans les modèles de croissance par la qualité mais il n'est pas absent. Par conséquent, l'introduction de ψ n'introduit pas en soit une nouvelle défaillance liée au processus de destruction créatrice mais rend compte d'un autre aspect de ce processus.

Comme la littérature sur la productivité n'inclut pas l'ensemble des défaillances présentes dans le modèle de Jones et Williams (1998), il n'est pas possible de lier directement le rendement social estimé par cette littérature avec les paramètres du modèle. Cependant, les auteurs montrent qu'il est possible d'approximer linéairement cette relation qui s'écrit comme suit :

$$\tilde{r} = \tilde{r}_{PL} + (1 - \lambda)g_Y \quad (1.11)$$

où \tilde{r} représente le rendement social de la R&D déduit du modèle de Jones et Williams (1998), \tilde{r}_{PL} représente le rendement social de la R&D mesuré par la littérature sur la productivité et $(1 - \lambda)g_Y$ représente l'ensemble des effets non pris en compte par cette littérature. Notons que le terme $(1 - \lambda)g_Y$ est positif puisque le terme $\lambda \in [0, 1[$ rend compte des duplications dans les activités de R&D et g_Y représente le taux de croissance de la production.

Ainsi, contrairement à ce que l'on aurait pu attendre de l'introduction de défaillances conduisant à sur-investir en R&D, le résultat de Jones et Williams (1998) montre que la littérature sur la productivité sous estime le rendement social de la R&D avec un biais maximum équivalent au taux de croissance de la production²⁷. Ainsi, les estimations proposées par la littérature sur la productivité correspondraient aux bornes basses du "vrai" rendement social de la R&D. Les auteurs expliquent ce résultat par le fait que la littérature sur la productivité ignore deux facteurs dynamiques qui déterminent en partie le rendement social de la R&D, à savoir, les externalités de connaissances intertemporelles et surtout les gains (pertes) en capital liés à l'évolution de la valeur des connaissances au cours du temps. Cependant, Jones et Williams (1998) soulignent que les estimations de la littérature sur la productivité capturent implicitement une partie des externalités de connaissances intertemporelles car l'intensité des dépenses de R&D est relativement stable dans le temps.

La mesure du rendement social proposée par Jones et Williams (1998) permet également de proposer une mesure analytique de l'écart entre l'investissement d'équilibre et l'investissement optimal en R&D. En effet, l'utilisation d'un cadre théorique permet de définir une relation fonctionnelle entre le niveau d'investissement global en R&D et le rendement social de ces activités. Ainsi, le ratio

²⁷Lorsqu'il n'y a pas de duplications dans les activités de R&D.

entre l'investissement optimal (I^*) et l'investissement d'équilibre en R&D (I) est donné par :

$$\frac{I^*}{I} = \frac{\tilde{r}_{PL}}{\tilde{r}_O - (1 - \lambda)g_Y} \quad (1.12)$$

où \tilde{r}_{PL} représente le rendement social de la R&D estimé par la littérature sur la productivité, \tilde{r}_O représente le rendement privé de la R&D, λ le degré de duplications et g_Y le taux de croissance. Pour donner une idée de l'ampleur du sous-investissement des firmes en R&D, Jones et Williams (1998, p.1129) recensent les principales estimations du rendement social de la R&D proposées par la littérature sur la productivité. Ce rendement est estimé en moyenne à 30% et à plus de 100% si on inclut l'impact de la R&D menée dans les autres industries. En supposant que le rendement privé de la R&D est compris entre 7 et 15%²⁸, les auteurs concluent que le niveau d'investissement optimal des firmes en R&D serait de 2 à 4 fois supérieur au niveau d'investissement d'équilibre. L'approche structurelle développée par Jones et Williams (1998) soutient donc l'idée d'un important sous-investissement des firmes en R&D, tout comme la littérature sur la productivité. Si ces résultats permettent de considérer l'hypothèse d'un sous-investissement du secteur privé en R&D comme plausible, ils ne donnent pas d'indication sur l'importance relative des différentes défaillances de marché.

1.4.3 Les mesures de l'importance relative des différentes défaillances

La question de l'importance relative des différentes défaillances de marché est fondamentale pour la définition d'un policy mix adapté (les bons instruments dans les bonnes proportions). Jones et Williams (2000) en proposent une mesure à partir d'un modèle de croissance semi-endogène²⁹. Pour cela, les auteurs calibrent leur modèle à l'aide de données micro et macroéconomiques dans la tradition de Stokey (1995). En utilisant des valeurs réalistes de paramètres, il apparaît que l'investissement des firmes en R&D à l'équilibre décentralisé serait inférieur de 50% à 200% au niveau socialement désirable lorsque les duplications ne sont pas trop importantes (pas supérieures à 75%). En effet, lorsque les activités de R&D sont très fortement dupliquées et que le taux d'intérêt est élevé, les simulations montrent que l'économie décentralisée peut être marquée par un sur-investissement en R&D. Pour étudier la contribution de chaque défaillance

²⁸Les régressions sur données microéconomiques trouvent un rendement privé compris entre 10 et 15% (cf. Jones et Williams, 1998).

²⁹Le modèle utilisé incorpore les quatre premières défaillances présentées en section 3.

à cet écart, les auteurs simulent le niveau de dépenses de R&D de l'économie décentralisée en internalisant tour à tour chaque défaillance (et en supposant que les trois autres restent effectives). En considérant que la proportion d'activités de R&D dupliquée est comprise entre 0 et 75%, les simulations montrent que :

- L'internalisation des externalités de connaissances aurait pour conséquence d'augmenter l'investissement des firmes en R&D de 16 à 36%
- L'internalisation du problème d'appropriabilité du surplus aurait pour conséquence d'augmenter l'investissement des firmes en R&D de 140% (indépendamment de l'importance des duplications)
- L'internalisation des problèmes liées au processus de destruction créatrice (transfert de rentes et grappes d'innovation) aurait pour conséquence de réduire l'investissement des firmes en R&D de 24% (indépendamment de l'importance des duplications)
- L'internalisation des duplications dans les activités de R&D aurait un impact de un pour un sur le niveau de dépenses de R&D des firmes, c'est-à-dire que si 25% des activités de R&D sont dupliquées, l'internalisation de cette défaillance impliquerait une réduction de 25% des dépenses de R&D.

Les simulations de Jones et Williams (2000) montrent que la défaillance de marché la plus importante est le problème d'appropriabilité du surplus. Plus précisément, il apparaît que cette défaillance est à l'origine du sous-investissement marqué des firmes en R&D. En effet, en supposant que cette défaillance soit internalisée, l'existence d'un sous-investissement en R&D deviendrait beaucoup plus difficile à démontrer car beaucoup plus sensible aux valeurs de paramètres retenues.

Ce résultat contraste assez nettement avec ceux de la littérature sur la productivité qui soutiennent l'idée que ce sont les externalités de connaissances qui expliqueraient en grande partie l'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D. Selon nous, cette différence de résultat est intimement liée aux problèmes de mesure empirique des externalités de connaissances qui conduisent à sur-estimer leurs effets. Comme le souligne Griliches (1992, p.36), la littérature sur la productivité comptabilise en partie les externalités pécuniaires de l'innovation³⁰ comme des externalités de connaissance. Or, comme nous l'avons expliqué précédemment, ces externalités ne peuvent être assimilées à des externalités de connaissances car elles résultent de l'utilisation de produits et services

³⁰Ces externalités correspondent aux effets de débordements liés à l'utilisation d'inputs innovants provenant d'autres industries et sont liés à un problème de valorisation de l'innovation sur le marché.

innovants et non de l'utilisation des connaissances qui ont permis de créer ces produits et services.

Partant de ce constat, nous formulons deux remarques. La première consiste à mettre en avant la proximité entre la notion d'externalités pécuniaires de l'innovation et le problème d'appropriabilité du surplus. En effet, le problème d'appropriabilité du surplus est lié à des contraintes informationnelles et tarifaires qui empêchent les firmes innovantes de capter l'ensemble du bien-être que génère la mise sur le marché de leur innovation. Les externalités pécuniaires de l'innovation étant liées à des problèmes de valorisation des biens et services innovants, il est clair qu'elles renvoient à une partie du surplus généré par l'innovation qui bénéficie aux consommateurs et non aux producteurs des biens innovants.

Cette remarque nous amène à la seconde. En supposant que la mesure des externalités de connaissances proposée par la littérature sur la productivité intègre au moins en partie les externalités pécuniaires de l'innovation (que l'on peut assimiler au problème d'appropriabilité du surplus), on en déduit que cette littérature surestime l'importance effective des externalités de connaissances dans l'explication de l'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D. Cette idée est renforcée par le fait que les simulations réalisées par Jones et Williams (2000) suggèrent une importance relative beaucoup plus forte du problème d'appropriabilité du surplus par rapport à celui des externalités de connaissances.

Si les mesures théoriques du rendement social de la R&D proposées par Jones et Williams (1998, 2000) confirment les résultats de la littérature empirique concernant l'existence d'un écart important entre l'investissement d'équilibre et l'investissement optimal en R&D, elles se différencient sur la cause principale de ce sous-investissement. La littérature empirique l'impute principalement aux externalités de connaissances alors que Jones et Williams (2000) l'impute principalement au problème d'appropriabilité du surplus. Cette différence est importante pour l'action publique dans le sens où la correction de ces deux défaillances de marché nécessite des instruments différents (voir section 1.3.2). L'approche théorique développée par Jones (1998, 2000) nous semble plus attractive puisqu'elle permet de prendre en compte davantage de caractéristiques inhérentes aux activités de R&D.

1.4.4 L'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D est-il (si) important ?

Dans leur ensemble, les principaux résultats fournis par la littérature économique jusqu'aux années 2000 rendent compte d'un écart significatif entre l'investissement d'équilibre et l'investissement optimal des firmes en R&D³¹. Cependant, au cours de ces dernières années, un certain nombre d'économistes ont apporté des éléments remettant en question l'hypothèse d'un écart très important.

Comin (2004) propose une nouvelle mesure de la contribution de la R&D à la croissance de la PGF en partant de l'hypothèse classique de libre entrée dans le secteur de la R&D dans les modèles de croissance. Cette méthode a pour principal avantage de ne pas imposer une forme particulière à la dynamique de création de connaissances. L'auteur utilise des données sur les dépenses de R&D aux Etats-Unis pour calibrer les paramètres du modèle³² et obtient des résultats nettement différents de ceux proposés par Jones et Williams (2000) et les études empiriques. En effet, la contribution des dépenses de R&D à la croissance de la productivité apparaît faible puisqu'elle n'expliquerait qu'environ 10% de la croissance de la PGF³³.

L'auteur justifie cette faible contribution par deux effets principaux. Le premier est que la faible intensité observée des dépenses de R&D (qui représente environ 2% du PIB des Etats-Unis) sur le long terme implique que les externalités de connaissances intertemporelles dans les activités de R&D sont faibles. Son raisonnement est basé sur l'idée que si les externalités de connaissances étaient fortes, cela impliquerait qu'une faible intensité des dépenses de R&D à la date t pourrait générer un taux de croissance important qui réduirait fortement les coûts de production des innovations à la période $t+1$. Les agents seraient donc incités à investir davantage en R&D à la période $t+1$ ce qui est incohérent avec la stabilité observée de l'intensité des dépenses de R&D. Le second est qu'une faible intensité des dépenses de R&D implique un faible taux de croissance des

³¹Voir Cameron (1998) pour une revue exhaustive des estimations empiriques.

³²Qui est fortement inspiré du modèle de Jones et Williams (2000) sans spécifier une forme fonctionnelle pour la fonction de production de connaissances

³³Ce résultat apparaît robuste à de fortes variations de paramètres puisque même en supposant une intensité de la R&D représentant 6% du PIB, les dépenses de R&D expliquent rarement plus de la moitié de la croissance de la productivité. Par ailleurs, l'auteur étend son modèle en intégrant des problèmes d'imitations, de destruction créatrice et en utilisant diverses fonctions de production pour les biens non innovants. Les résultats obtenus avec ces extensions confirment tous la faible contribution des dépenses de R&D à la croissance de la productivité.

connaissances réduisant par conséquent l'impact potentiel des activités de R&D sur la hausse de la productivité (par rapport à d'autres sources d'augmentation de la productivité comme le capital humain par exemple).

Afin de proposer une mesure de l'écart entre investissement optimal et investissement d'équilibre en R&D, l'auteur est obligé de spécifier une fonction de production de connaissances pour obtenir une expression analytique de l'optimum. La calibration de cette expression à partir de données américaines montre que l'investissement optimal est très proche de celui observé. Ce résultat est robuste à des variations significatives de paramètres. Ainsi, selon Comin (2004), les firmes investiraient de manière satisfaisante dans les activités de R&D car proche du niveau optimal. Comme l'auteur le précise lui-même, ce résultat en opposition nette avec la littérature existante est lié à une stratégie de modélisation différente pour mesurer le niveau d'investissement optimal en R&D.

Les approches développées par Alvarez-Pelaez et Groth (2005) ou Reis et Sequeira (2007) apportent également des éléments mettant en doute l'importance du sous-investissement des entreprises en R&D tel que présenté par Jones et Williams (2000). Alvarez-Pelaez et Groth (2005) partent du constat que dans les modèles de croissance par la variété, le pouvoir de marché des firmes, la part des biens différenciés dans la production finale et le rendement de la spécialisation³⁴ sont liés de façon rigide et arbitraire. Leur objectif est d'investir la question du sous-investissement du secteur privé en R&D en développant un modèle de croissance semi-endogène dans lequel ces trois éléments ne sont pas directement liés. Les auteurs montrent que le relâchement de ces relations restrictives entre paramètres ouvre la voie à davantage de situations potentielles de sur-investissement que ne le suggère le modèle de Jones et Williams (2000) et plus largement des modèles de croissance par la variété. Dans un second temps, en appliquant les valeurs du taux de marge, de la part du capital dans le PIB et du rendement de la R&D aux Etats-Unis estimées par la littérature empirique, ils montrent que, si l'existence d'un sous-investissement privé en R&D semble être une hypothèse réaliste pour ce pays, son importance est bien moins forte que ce qui est suggéré par les précédents résultats de la littérature.

Dans cet esprit, Reis et Sequeira (2007) développent un modèle de synthèse à la Arnold (1988) incorporant un processus de croissance endogène à la Romer (1990) et d'accumulation de capital humain à la Lucas (1988). En plus de relâcher la relation entre le pouvoir de marché et le rendement de la spécialisation, ils introduisent une externalité négative du progrès technique sur l'accumulation

³⁴Le rendement de la spécialisation correspond à l'effet marginal sur la production finale d'une spécialisation accrue ; c'est-à-dire, de la mise sur le marché de nouvelles variétés.

du capital. L'objectif des auteurs est de rendre compte de "l'effet d'érosion" introduit par Galor et Molav (2002) et validé par les études empiriques de Kumar (2003) et Tamura (2006). L'effet d'érosion traduit le fait que le temps nécessaire pour apprendre les nouvelles technologies diminue avec le niveau d'éducation et augmente avec la vitesse du changement technologique. L'économie décentralisée de ce modèle est marquée par trois défaillances. Les deux premières qui sont liées à l'existence d'externalités de connaissances et au pouvoir de marché des firmes (problème d'appropriabilité du surplus) conduisent les agents à sous-investir en R&D. En revanche, l'introduction de l'effet d'érosion crée une nouvelle défaillance incitant les agents à sur-investir en R&D puisqu'au niveau individuel, les chercheurs ne tiennent pas compte de l'effet négatif de leur activité sur l'accumulation du capital humain. Puisque l'existence d'un écart entre investissement d'équilibre et investissement optimal en R&D dépend de la force relative de ces trois effets, les auteurs calibrent leur modèle à partir des résultats de nombreuses études empiriques. Cela leur permet de déterminer une valeur seuil pour le paramètre renvoyant à l'effet d'érosion à partir duquel l'économie sur-investi en R&D. En comparant cette valeur aux estimations de ce seuil fournies par Kumar (2003), il apparaît que l'existence d'un sur-investissement en R&D est une hypothèse aussi plausible que celle d'un sous-investissement. Cependant, lorsque les rendements de spécialisation sont très élevés, l'économie décentralisée sous-investit clairement dans les activités de R&D.

Les travaux présentés dans cette section, sans exclure la possibilité que l'économie décentralisée puisse sous-investir en R&D, tempèrent assez fortement l'idée d'un écart important entre le rendement social et le rendement privé de la R&D. Ces travaux récents montrent ainsi qu'une partie de la littérature économique remet de plus en plus en question cet élément qui a été souvent considéré comme établi. Ces nouveaux développements permettent également de mettre en évidence de nouvelles défaillances de marché (l'effet d'érosion par exemple) qui pourraient expliquer et justifier une certaine remise en cause de la nécessité d'une intervention publique systématique pour soutenir la R&D privée.

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons investi la question du sous-investissement des firmes en R&D à partir des éléments fournis par la littérature sur la croissance et ses développements intégrant une dimension spatiale. Cette littérature offre un cadre privilégié pour mener cette discussion puisque la R&D et l'innovation sont au coeur de la création de richesse dans les modèles de croissance (depuis

les années 90). L'existence de défaillances de marché créant un écart entre le rendement social et le rendement privé de la R&D constitue le principal argument justifiant la mise en place de politiques de soutien à la R&D privée. Cet argument qui reste encore largement partagé par les politiques et les économistes est cependant de plus en plus questionné.

Ainsi, après avoir présenté l'évolution du rôle de la R&D et de l'innovation sur la croissance depuis le modèle de Solow jusqu'aux modèles de la synthèse NEGG, nous avons identifié et explicité les différentes sources des défaillances de marché et caractérisé leur effets (positif ou négatif) sur l'investissement en R&D. Comme le notait Jones et Williams (2000), si certains éléments fournis par la littérature laissent penser qu'un sous-investissement des firmes en R&D est possible, il y a au moins autant d'éléments qui laissent penser que l'inverse est également envisageable. Ce constat n'est que renforcé lorsque que l'on intègre une dimension géographique aux modèles de croissance. En effet, sur les cinq sources de défaillance identifiées, deux conduisent les firmes à sous-investir en R&D et le même nombre les conduit à sur-investir. La dernière, qui est liée à la géographie économique, a un impact ambigu sur le comportement d'investissement des firmes et peut potentiellement conduire à sous-investir comme à sur-investir. Ainsi, contrairement à une idée assez répandue, d'un point de vue purement théorique, la littérature sur la croissance ne permet pas de montrer l'existence d'un écart net entre rendement social et rendement privé de la R&D.

L'incapacité des modèles théoriques à fournir une réponse claire concernant l'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D nécessite de se tourner vers les études proposant une mesure du rendement social de la R&D. Deux méthodes sont proposées par la littérature pour le mesurer : les études économétriques à partir de l'estimation d'une fonction de production de connaissances et les calibrations de modèles théoriques à partir de données empiriques. Si les estimations économétriques rendent compte d'un rendement social de la R&D nettement supérieur à son rendement privé, elles souffrent d'importants problèmes de mesures³⁵. Par conséquent, nous nous sommes davantage intéressés aux approches estimant le rendement social de la R&D à partir de la calibration de modèles théoriques car elles autorisent la prise en compte de diverses défaillances de marché.

Ces travaux largement initiés par Jones et Williams (1998, 2000), au delà de leur capacité à fournir une estimation plus "structurelle" du rendement social

³⁵Elles ne prennent en compte qu'une seule défaillance de marché, à savoir les externalités de connaissances, et les mesures utilisées pour cette défaillance sont diverses et sujette à débats comme nous l'avons discuté.

de la R&D, ont permis de fournir une mesure de l'importance des différentes défaillances de marché. Par exemple, les résultats de Jones et Williams (2000) montrent que le problème d'appropriabilité du surplus serait la défaillance principale à l'origine du sous-investissement des firmes en R&D. Cela met en évidence un décalage important avec la littérature empirique qui se focalise sur la mesure des externalités de connaissances alors que cette défaillance n'apparaît pas être très forte selon Jones et Williams (2000). Concernant l'écart entre rendement privé et rendement social de la R&D, ces travaux de calibration de modèles théoriques sont plus réservés (dans leur ensemble) que les estimations empiriques. En effet, si Jones et Williams (1998, 2000) rendent compte d'un écart très important entre rendement privé et rendement social de la R&D, les résultats proposés par Comin (2004), Alvarez-Pelaez et Groth (2005) ou Reis et Sequeira (2007) sont beaucoup plus contrastés. Ces dernières contributions raffinent les approches de Jones et Williams (1998, 2000) en relâchant certaines hypothèses restrictives concernant les relations entre paramètres ou en intégrant l'existence de nouvelles défaillance de marché. Si ces développements tempèrent l'idée d'un écart très important entre rendement social et rendement privé de la R&D, elles ne remettent pas en cause pour autant l'hypothèse d'un investissement insuffisant des firmes en R&D. En effet, il faut garder à l'esprit que les exercices de calibrations sont dépendant des valeurs de paramètres retenus et que dans l'ensemble des contributions, des cas de sous-investissement en R&D apparaissent. Simplement, les cas où apparaissent un sous-investissement sont plus limités en nombre et en ampleur.

Ainsi, la littérature sur la croissance montre que l'hypothèse d'un sous-investissement des firmes en R&D est une hypothèse possible voire probable mais pas certaine. La littérature théorique offre un cadre riche pour discuter des conditions sous lesquelles l'hypothèse d'un sous-investissement est la plus probable ainsi que des défaillances qui en seraient à l'origine. En termes de politiques publiques, les éléments de cette littérature soulignent surtout qu'il ne devrait pas y avoir d'automatisme à la mise en oeuvre de mesures de soutien à la R&D et que les pouvoirs publics doivent être particulièrement attentifs à la question des causes pouvant conduire les firmes à sous-investir afin de mettre en place les instruments adaptés. A titre d'exemple, le problème d'appropriabilité du surplus ne peut pas être corrigé par les mêmes instruments que la présence d'externalités de connaissances. Or, actuellement les politiques publiques de soutien à la R&D sont majoritairement orientées vers l'offre (subventions, incitations fiscales) et néglige le soutien à la demande de produits innovants.

Soulignons que l'approche développée dans ce chapitre a vocation à apporter un éclaircissement sur le débat concernant l'existence d'un écart entre rendement

privé et rendement social de la R&D à partir de la littérature sur la croissance. Cependant, il faut garder à l'esprit que cette littérature ne rend compte que d'une partie des caractéristiques des activités de R&D si bien que notre approche ne saurait être exhaustive sur la question. En effet, d'importantes défaillances de marché liées à l'incertitude et aux problèmes de financement ne sont pas intégrés dans les modèles de croissance (une présentation détaillée des effets de ces deux défaillances est fournie en annexe). L'intégration de nouvelles défaillances de marché apparaît donc être une voie privilégiée pour disposer d'un cadre plus exhaustif pour traiter la question du sous-investissement des firmes en R&D. Dans cette perspective, le développement des modèles de synthèse entre la Nouvelle Economie Géographique et les Nouvelles Théories de la Croissance apparaît nécessaire. Cela permettrait notamment de mieux appréhender l'impact des interactions entre géographie, innovation et croissance sur les incitations à mener des activités de R&D.

Annexe 1 : Le rôle de l'incertitude sur l'investissement privé en R&D

Si les travaux de Jones et Williams (1998, 2000) montrent que le sous-investissement des firmes en R&D par rapport au niveau socialement optimal est sous-estimé par la littérature sur la productivité, eux-mêmes soulignent que d'autres défaillances de marché non prises en compte dans cette littérature pourraient conduire à relever l'ampleur réel du sous-investissement des firmes en R&D (qu'ils estiment entre 2 et 4 fois). Les auteurs font notamment référence aux problèmes liés à l'incertitude et à l'accès au financement.

L'incertitude joue un rôle important sur les décisions d'investissement et particulièrement concernant les investissements en R&D. En effet, l'ensemble des étapes du processus d'innovation est marqué par une part importante d'incertitude, des phases de recherche aux phases de commercialisation ou de mise en place de l'innovation.

Au niveau théorique, l'influence de l'incertitude sur les investissements des firmes en R&D a été mise en évidence par la théorie des options réelles d'investissement (Pindick 1991, Dixit and Pindick 1994, Abel et al. 1996). Le développement de cette théorie est liée à la volonté de mieux comprendre les comportements d'investissement des firmes. En effet, comme le souligne Pindyck (1991), les modèles théoriques (pré)existants étaient principalement fondés sur la règle de décision NPV³⁶ et les modèles économétriques qui en découlaient ne permettaient pas d'expliquer et de prédire correctement les changements observés dans les dépenses d'investissement. Selon Pindyck (1991) et Abel et al. (1996), le principal problème de ces approches est de supposer que tout investissement est réversible et non reportable dans le temps. Or, la plupart des investissements comportent intrinséquement une part (plus ou moins importante) d'irréversibilité et peuvent être (plus ou moins facilement) reportés. Plusieurs éléments soutiennent l'idée d'une irréversibilité (au moins partielle) des investissements et notamment le fait que le capital est souvent spécifique à une industrie ou aux firmes et ne peut pas être utilisé de manière efficiente dans une industrie/firme différente³⁷. De la même manière, si les firmes ne peuvent pas toujours reporter

³⁶Net Present Value ou valeur actualisée. Selon cette règle, une firme investit dans un projet lorsque la valeur actualisée des cash flows espérés issus du projet est au moins aussi importante que ses coûts.

³⁷Les problèmes de reventes d'actifs achetés (il est courant que le prix de revente d'un actif même neuf soit bien inférieur au coût d'achat) ou encore les problèmes de régulations (contrôle de capitaux par exemple) augmentent le problème d'irréversibilité.

leurs investissements (du fait de considérations stratégiques et notamment de l'environnement concurrentiel), on peut considérer que dans la plupart des cas, un report est au moins envisageable. En effet, bien qu'un report d'investissement puisse être couteux (risque d'entrée de nouvelles firmes, perte de cashflows,...), il peut également être avantageux en permettant à la firme de bénéficier de nouvelles informations sur l'investissement en question.

L'idée fondamentale de la théorie des options réelles est que dans un environnement incertain, les firmes vont intégrer et valoriser dans leurs décisions d'investissement les options de réversibilité et d'extensibilité des investissements. L'option de réversibilité va refléter la valeur des opportunités et des coûts associés à un désinvestissement à une certaine date dans le futur. Cette option augmente l'incitation à investir puisque les firmes pourront en bénéficier si elles investissent. L'option d'extensibilité va refléter la valeur des opportunités et coûts associés à l'investissement à une certaine date du futur. Cette option réduit l'incitation à investir puisque les firmes pourront en bénéficier en retardant leur investissement.

Ces options ont donc des effets opposés sur l'incitation à investir ce qui implique un effet global ambigu. Cependant, comme le souligne Pindyck (1991), les caractéristiques propres à chaque type d'investissement (matériels, machine, humain,...) vont fortement déterminer l'effet net. Concernant les activités de R&D, la théorie des options réelles d'investissement considère que l'investissement dans ces activités est marqué par un fort degré d'irréversibilité et d'extensibilité (Dixit et Pindyck (1994), Czarnitzki et Toole (2011)). En effet, les investissements en R&D sont fortement irréversibles puisqu'ils sont principalement constitués de dépenses de salaires et d'achats d'équipements (qui sont souvent spécifiques et difficiles à revendre). Si le caractère stratégique des activités de R&D ne permet pas toujours aux firmes de pouvoir décaler leurs investissements, il est raisonnable de penser qu'au moins une partie des investissements en R&D peuvent être reportés. Ainsi, les décisions d'investissement en R&D vont principalement intégrer et valoriser l'option d'extensibilité (et très peu l'option de réversibilité).

Quel rôle va alors jouer l'incertitude sur les décisions d'investissement en R&D? Supposons qu'à une date donnée, la visibilité se réduise fortement pour les firmes menant des activités de R&D. Dans ce cas, la détention de l'option d'extensibilité pour les investissements peu réversibles devient d'autant plus importante si bien que sa valeur augmente. Plus la valeur de l'option augmente moins les firmes sont incitées à investir immédiatement. Par conséquent, l'augmentation de l'incertitude va se traduire par une réduction des investissements courants en R&D. La théorie suggère ainsi une relation négative entre le niveau courant des investissements en R&D et le degré d'incertitude.

Est-ce que la prédiction de la théorie des options réelles concernant l'effet négatif de l'incertitude sur l'investissement privé en R&D est vérifiée empiriquement ? Comme le rappellent Goel et Ram (2001), si les résultats des premières études empiriques mesurant les effets de l'incertitude sur le niveau d'investissement sont mitigés, ceci est principalement lié au fait que ces études considéraient l'investissement des firmes au sens large, i.e, sans différencier les investissements selon leur degré d'irréversibilité. Afin de tenir compte de cette hétérogénéité, Goel et Ram (1999) cherchent à expliquer l'intensité de l'investissement de trois secteurs différents dans 12 pays de l'OCDE en fonction de différentes variables de contrôle et d'une mesure du degré d'incertitude (écart-type ou moyenne mobile du taux d'inflation sur 5 ans). Les investissements réalisés dans les secteurs étudiés (biens d'équipement, construction résidentielle et construction non résidentielle) ont, selon les auteurs, des degrés de réversibilité assez différents. Leurs résultats montrent clairement que l'incertitude réduit plus fortement l'investissement dans les secteurs où l'investissement est moins réversible. Cependant les secteurs étudiés ne sont pas des secteurs très innovants ce qui limite la portée de cet article pour notre propos. L'étude de Goel et Ram (2001) s'intéresse plus spécifiquement aux investissements en R&D qui sont marqués par un fort degré d'irréversibilité. Dans cet article, l'objectif est de tester l'hypothèse selon laquelle la forte irréversibilité des investissements en R&D devrait impliquer une forte sensibilité de ceux-ci à l'incertitude. En utilisant des données sur 9 pays de l'OCDE couvrant la période 1981-2002, les auteurs évaluent l'influence d'une mesure du degré d'incertitude³⁸ sur l'évolution de l'intensité des investissements en R&D d'une part et sur l'intensité des investissements hors R&D d'autre part. Leurs résultats suggèrent que l'incertitude joue négativement sur les investissements en R&D alors qu'aucun effet significatif sur les investissements hors R&D n'apparaît. Ainsi comme l'écrivent les auteurs :

" [...] the estimates provide a striking illustration of the proposition that the degree of irreversibility of an investment has an important relation with the effect of uncertainty, and that a higher degree of irreversibility accentuates the adverse effect of uncertainty. For R&D outlays, which are likely to be highly irreversible, the effect of two general measures of uncertainty is negative and has strong significance. [...] Theoretical models of the effect of uncertainty on R&D spending appear to be far ahead of the related empirical investigations. "

Si les études empiriques précédentes sont menées au niveau macroéconomique, l'étude de Czarnitzki et Toole (2011) utilise un panel non cylindré de 881 firmes innovantes du secteur manufacturier allemand sur la période 1995-2001. Les auteurs testent plusieurs hypothèses mais une seule est pertinente pour

³⁸En utilisant les mêmes proxies que pour l'étude précédente.

notre propos, à savoir, l'hypothèse selon laquelle le degré d'incertitude sur les rendements de l'innovation jouerait négativement sur le niveau courant des investissements en R&D. Contrairement aux articles de Goel et Ram (1999 & 2001) qui utilisent des mesures macroéconomiques du degré d'incertitude, Czarnitzki et Toole (2011) testent leur hypothèse en proposant des mesures spécifiques aux firmes tout en contrôlant le degré d'incertitude spécifique à chaque secteur. Selon les auteurs, l'expérience étant un des principaux mécanismes d'apprentissage, un proxy raisonnable de l'incertitude individuelle peut être construit à partir des expériences passées des firmes en tant qu'innovateurs. Les auteurs utilisent la volatilité (le coefficient de variation) des revenus passés comme mesure de l'incertitude individuelle. Cette mesure est par la suite décomposée en deux : d'une part, la volatilité des revenus passés liés à l'introduction d'un nouveau produit et d'autre part, la volatilité des revenus passés liés à l'introduction de produits déjà présents sur le marché. Leurs estimations montrent que l'incertitude concernant les revenus liés à la mise sur le marché de produits nouveaux joue un rôle fortement négatif sur l'investissement des firmes en R&D. En revanche, l'incertitude concernant les revenus liés à la mise sur le marché de produits déjà existants ne joue pas un rôle significatif sur l'investissement en R&D. Par conséquent, ces résultats renforcent ceux de Goel et Ram (1999, 2001) et valide la prédiction théorique proposée par la théorie des options réelles.

Ainsi, les résultats théoriques et empiriques convergent tous vers le même résultat. Du fait de la nature particulière des investissements en R&D et plus spécifiquement leur caractère irréversible, le degré d'incertitude va influencer négativement les décisions d'investissements des firmes en R&D. En outre, il convient de préciser que l'incertitude ne se résume pas seulement à des problèmes de visibilité sur les perspectives de marché futur mais concerne aussi la stabilité des politiques publiques. En effet, comme le souligne Pindyck (1991, p.1141) :

"In fact, investment spending on an aggregate level may be highly sensitive to risk in various forms : uncertainties over future product prices and input costs that directly determine cash flows, uncertainty over exchange rates, and uncertainty over future tax and regulatory policy. This means that if a goal of macroeconomic policy is to stimulate investment, stability and credibility may be more important than tax incentives or interest rates. Put another way, if uncertainty over the economic environment is high, tax and related incentives may have to be very large to have any significant impact on investment. Similarly, a major cost of political and economic instability may be its depressing effect on investment."

Annexe 2 : Conditions de financement de la R&D et investissement des firmes en R&D

Comme le souligne Hall (2002), même si les défaillances de l'économie décentralisée mises en évidence par les théories de la croissance peuvent être internalisées par l'utilisation conjointe de système de brevet, de subventions et d'incitations fiscales, il peut subsister une difficulté dans le financement des investissements en R&D. Plus spécifiquement, il peut être difficile et coûteux d'utiliser du capital qui provient de sources externes à la firme. Le principal argument appuyant cette idée est qu'il existe un écart additionnel entre le rendement privé et le coût du capital lorsque le financement et l'exécution des activités de R&D proviennent d'entités différentes. En effet, il existe souvent un écart entre le taux de rendement exigé par un entrepreneur investissant ses propres fonds et celui exigé par des investisseurs externes. Dès lors, certains projets de R&D ne sont pas menés du fait d'un coût externe du capital trop élevé (même si le rendement privé de ceux-ci serait suffisant avec un coût du capital plus raisonnable).

Dans la suite de notre propos, nous nous concentrons sur les éléments théoriques expliquant l'écart entre le taux de rendement exigé par des investisseurs externes et celui exigé par une firme (en utilisant ses propres fonds) dans le cadre du financement d'activités de R&D. Nous laissons de côté les considérations purement financières et fiscales qui affectent le coût de différentes sources de capital pour nous concentrer sur des facteurs liés à des problèmes informationnels. L'existence d'asymétries d'information va se traduire par des phénomènes de sélection adverse et d'aléa moral qui expliquent (en partie) l'écart entre le coût du capital interne et externe.

L'asymétrie d'information dans le cadre d'un financement externe crée un problème de sélection adverse puisqu'une firme a une meilleure connaissance de la probabilité de succès et de la nature du projet que des investisseurs externes. En effet, la firme est souvent la principale (voir la seule) source d'informations disponible pour les investisseurs. Par conséquent, le marché du financement externe des activités de R&D va fonctionner de manière similaire aux marchés des "lemons" décrit dans le célèbre article d'Akerlof (1970). En effet, comme le souligne Hall (2002), la prime de risque demandée par les investisseurs sera plus importante pour les investissements en R&D que pour les investissements plus classiques (notamment capital physique) car les investisseurs ont davantage de difficulté à distinguer les bons projets des mauvais puisqu'ils disposent de beaucoup moins d'informations objectives pour différencier la qualité de ceux-ci. Hall (2002) précise que ce problème de sélection adverse pour les investisseurs

est d'autant plus important que les projets à financer sont des projets impliquant des investissements dans le long terme. Notons que si le problème informationnel est trop important (les investisseurs n'ont aucun moyen de différencier les projets par exemple), aucun investisseur ne prendra le risque de financer des projets de R&D si bien que le marché du financement de la R&D pourrait totalement disparaître. D'ailleurs, Hall (2002) suggère que certaines firmes innovantes considèrent que ce marché n'existe pas dans la réalité étant donné leur difficulté à trouver des sources de financement externe. Pour contourner ces difficultés, les firmes cherchant des financements externes pourraient divulguer l'ensemble des informations qu'elles détiennent mais du fait de risque de fuites, les firmes sont généralement assez réticentes à révéler des informations stratégiques sur le projet. Le fait qu'il existe un coût substantiel à révéler ces informations (qui pourraient parvenir aux concurrents) va réduire la qualité du signal qu'elles vont envoyer sur leurs projets. Par conséquent, du fait de la valeur de certaines informations, la sélection adverse est importante et les investisseurs vont demander une prime de risque supplémentaire pour financer ces projets afin de compenser leur manque d'informations. Cela est un élément expliquant l'écart entre le coût du capital interne et le coût du capital externe.

Comme le résume Hall & Lerner (2010), pour évaluer l'argument selon lequel les investissements privés en R&D sont désavantagés lorsqu'ils doivent être financés par des sources de financements externes, la littérature empirique teste la présence de contraintes de liquidité ou de sensibilité excessive aux chocs de cash flows. Les résultats de Hall (1992) et Himmelberg et Petersen (1994) portant sur de grands échantillons de firmes américaines montrent une forte relation de causalité entre le niveau d'investissement en R&D et les capacités de financement interne. L'étude d'Harhoff (1998) sur un échantillon de petites et grandes entreprises allemandes montrent également que les cash flows des entreprises sont positivement corrélés à leurs investissements en R&D même si cette relation est de faible ampleur. Des conclusions similaires sont apportées par Bougheas et al. (2003) sur un échantillon de firmes industrielles irlandaises.

Ces résultats montrent que les problèmes de financement des activités de R&D affectent sensiblement le niveau d'investissement des firmes dans ces activités. On peut penser que ces problèmes ont un impact encore plus important sur les start-up et les PME qui ont souvent peu de cash flows disponibles et sont souvent dépendant d'investisseurs externes pour financer leurs projets de R&D. Ainsi, les problèmes de financement de la R&D conduisent les firmes à sous-investir en R&D et ceci est d'autant plus vrai pour les petites structures.

Précisons que l'asymétrie d'informations se traduit également par des problèmes d'aléa moral qui vont avoir des conséquences négatives sur l'incitation

des firmes à mener des activités de R&D. L'existence d'aléa moral suppose que le management et les actionnaires de l'entreprise sont des entités différentes. En effet, dans ce cas de figure, il peut exister un problème de type principal-agent lorsque les objectifs des deux entités diffèrent. Ce problème va souvent se traduire par la mise en place de stratégies d'investissement qui ne maximisent pas la valeur de la firme (Hall, 2002). La littérature économique met en avant deux principaux conflits.

Le premier est lié à une tendance habituelle des managers à investir dans des activités qui vont leur profiter directement ou indirectement. Ces investissements vont regrouper l'ensemble des dépenses luxueuses (construction de nouveaux bureaux, mises à disposition de voitures,...) ainsi que les investissements et stratégies qui vont accroître la taille de l'entreprise au-delà de sa taille optimale. Ces investissements se feront bien évidemment au détriment d'autres et notamment des investissements les plus risqués et les plus extensibles comme ceux en R&D.

Le second est également lié à une tendance observée chez les managers à être davantage averses au risque que les actionnaires. Cette aversion au risque va se traduire par une focalisation trop importante sur la survie de l'entreprise qui sera préjudiciable pour les investissements en R&D de manière globale mais surtout sur les projets les plus risqués. Ces deux conflits récurrents entre managers et actionnaires vont induire une réduction des investissements en R&D au delà du niveau d'un marché en concurrence pure et parfaite.

Hall (2002) analyse les différents outils qui permettraient de corriger ces problèmes d'aléa moral. Concernant la tendance à l'investissement non efficace des managers, une solution possible consisterait à réduire le montant des cash-flows nets à dispositions des managers en endettant l'entreprise. L'idée est que la dette va discipliner les managers qui seront moins enclins à détruire la valeur de l'entreprise en investissant dans de mauvais projets. Cependant, cette solution va obliger la firme à utiliser davantage de financements externes (qui sont plus coûteux) pour financer ses dépenses de R&D (Jensen et Meckling, 1976). Le second aléa moral est lié à une trop forte aversion au risque des managers. Selon Hall (2002) & Hall et Lerner (2010), la meilleure solution pour résoudre ces problèmes d'aléa moral ne consisterait pas à réduire les cash flows disponibles mais plutôt à développer des incitations à long terme pour les managers (plans de performance de long terme).

Chapitre 2

Influences des politiques de subvention à la R&D sur les dynamiques de localisation, la croissance et le bien-être en présence de rendements constants de la R&D

2.1 Introduction

Jusqu'à une période récente, il existait un certain consensus dans la littérature économique selon lequel, du fait des spécificités des activités de R&D et de l'imperfection des marchés, un système économique décentralisé tendait à sous-investir en R&D par rapport au niveau socialement désirable. Selon ce consensus, que nous avons discuté de façon approfondie dans le chapitre précédent, l'intervention des autorités publiques est désirable afin de corriger les défaillances de l'économie décentralisée qui conduisent les agents à sous-investir en R&D. La mise en place de politiques de soutien à la R&D apparaît d'autant plus importante dans un contexte où les actifs intangibles prennent une place de plus importante dans la création de richesses. Dès lors, ces politiques apparaissent comme des outils stratégiques pour renforcer la compétitivité et la croissance sur le long terme.

Cette vision stratégique des politiques de soutien à la R&D est largement partagée par la Commission Européenne comme en atteste les objectifs ambi-

tieux qu'elle a fixés dans le cadre de la Stratégie "Europe 2020"¹. D'ailleurs la stratégie d'action de l'Union Européenne est de plus en plus orientée vers le soutien aux activités de R&D et d'innovation. Deux exemples illustrent cette orientation.

Le Programme Cadre de Recherche et de Développement Technologique qui est le principal instrument communautaire de soutien à la R&D a vu sa dotation annuelle pour la période 2007-2013 augmenter de plus de 60% par rapport à la période 2002-2006. D'après le Conseil d'Analyse Stratégique (2009), ce programme a représenté en 2007, 6,4% des dépenses de R&D de l'Union Européenne soit 5,2 milliards d'euros.

La commission Européenne a également modifié l'orientation de la Politique Régionale Européenne en faveur du soutien aux activités innovantes. Historiquement, cette politique dont l'objectif est de réduire les disparités régionales au sein de l'Union pour renforcer la croissance était réservée aux régions pauvres et finançait principalement des infrastructures de transport. La programmation actuelle marque un changement évident de stratégie puisqu'il est clairement indiqué dans les objectifs que les fonds devront prioritairement soutenir des projets innovants et qu'ils ne sont plus réservés exclusivement aux régions en retard (même si une grande partie leur reste réservée). Cette évolution traduit un changement important dans la vision des autorités européennes sur les actions les plus efficaces pour réduire les disparités régionales tout en renforçant la croissance économique globale.

Cette orientation croissante des politiques communautaires vers le soutien aux activités de R&D soulève la question de leur capacité à atteindre simultanément les objectifs de croissance et de réduction des inégalités. Un premier élément justifiant la mise en place de politiques centralisées de soutien à la R&D est fourni par la théorie traditionnelle du fédéralisme fiscal (Tiebout 1956, Musgrave 1959, Oates 1972) qui montre qu'au sein d'une fédération, les autorités centrales devraient être en charge des politiques concernant les activités générant d'importantes externalités qui dépassent l'intérêt national. Plus généralement, la théorie économique montre que la coordination des politiques de R&D est désirable du point de vue du bien-être (D'Aspremont et Jacquemin 1988, Haaland and Kind 2006, Chu 2009) car cela va permettre de corriger certaines défaillances de l'économie décentralisée².

¹Citons notamment l'objectif de dépenses de R&D devant représenter 3% du PIB en 2020. Pour des informations plus précises sur la stratégie Europe 2020, voir http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm

²Notamment celles générées par la présence d'externalités de connaissances et de duplications dans les activités de R&D.

La littérature NEGG (New Economic Geography and Growth) met en avant d'autres éléments en faveur des politiques centralisées de soutien à la R&D. Martin (1999), qui étudie les effets de différentes politiques publiques, montre que seul un soutien public à la R&D permettant d'augmenter la productivité ou de réduire le coût de la R&D est à même d'augmenter la croissance globale tout en réduisant les inégalités. Les autres politiques étudiées (transferts directs et investissement dans les infrastructures de transport) conduisent toujours à un arbitrage entre croissance et égalités. Ces effets positifs des politiques de soutien à la R&D ont été étendus par Riou (2003) aux politiques qui améliorent les flux de connaissances entre pays³. Ainsi, la littérature NEGG et plus globalement la théorie économique justifie, a priori, la coordination voire la centralisation des politiques de soutien à la R&D.

Néanmoins, une application directe des enseignements de la littérature NEGG en termes de politique publique pourrait être trompeuse car les résultats proposés sont basés sur l'analyse d'une baisse (hausse) exogène du coût (de la productivité) de la R&D sur l'état d'équilibre du modèle. Cela signifie que ces contributions ne modélisent pas le financement et l'allocation des aides publiques qui permettraient de réduire (d'augmenter) le coût de la R&D privée (de la productivité des activités de R&D).

Dans ce contexte, ce chapitre apporte de nouveaux éclairages théoriques sur les effets d'une politique centralisée de soutien à la R&D dans une économie composée de deux pays ayant des niveaux de revenu différents. Pour cela, nous développons un modèle NEGG à deux pays dans lequel un régulateur central peut mettre en place une politique de subvention à la R&D. Le premier apport de ce chapitre consiste à modéliser une politique endogène de soutien à la R&D dans un cadre NEGG et d'en analyser l'impact sur l'état stationnaire. Nos résultats montrent que la mise en place de la politique va déplacer l'état d'équilibre qui sera marqué par un taux de croissance global plus élevé et des inégalités plus faibles. D'un côté, la politique génère un effet pro-croissance en incitant les agents à davantage investir en R&D puisqu'elle réduit le coût privé de la R&D. D'un autre côté, le financement de la politique par une taxe sur le capital permet de réduire les inégalités de revenu entre consommateurs et la tendance des firmes industrielles à se concentrer dans le pays à haut revenu.

Si notre analyse, qui met en évidence de nouveaux mécanismes économiques

³Les investissements dans les infrastructures de communication peuvent être l'un des outils pour améliorer les flux de connaissances entre pays et être considérés comme des politiques de soutien indirect à la R&D. En effet, le modèle développé par Riou (2003) suppose que la qualité des infrastructures de télécommunication affecte directement les flux de connaissances entre pays.

par lesquels la politique de soutien à la R&D affecte l'état d'équilibre, confirme l'impact positif de cette politique sur la croissance et la réduction des inégalités, elle montre également que la politique ne permet pas de corriger l'ensemble des défaillances de l'équilibre décentralisé. Cela implique que la politique ne permet, dans le meilleur des cas, que d'atteindre un optimum de second rang et pourrait même conduire à une perte sèche de bien-être puisque le financement de la politique a un coût qui affecte négativement le bien-être. Le second apport de ce chapitre consiste donc à mener une analyse de bien-être afin de déterminer les conditions sous lesquelles la politique est désirable. En utilisant différents critères de bien-être, notre analyse montre que si une politique centralisée de soutien à la R&D permet toujours d'améliorer le bien-être global, cela peut se faire au prix d'effets opposés sur le bien-être de chaque pays. En effet, il apparaît que, lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre les deux pays n'est pas assez élevée, la politique réduit le bien-être du pays à haut revenu alors qu'elle augmente le bien-être du pays à faible revenu. La raison en est que l'effet pro-croissance de la politique est croissant avec le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances, si bien que lorsque ce dernier n'est pas suffisant, les effets positifs de la politique sur le bien-être du pays à haut revenu ne permettent pas de compenser ses coûts. Le seul cas où la politique centralisée de soutien à la R&D permet d'améliorer la situation de tous apparaît lorsque la diffusion spatiale des externalités entre pays est suffisamment forte. Ces résultats fournissent des éléments relativisant les bienfaits de ce type de politique.

Finalement, le dernier apport de ce chapitre consiste à discuter les effets de différentes options concernant le financement et l'allocation géographique des subventions à la R&D. En effet, les résultats précédents ont été obtenus en considérant une politique non différenciée, c'est-à-dire, que le régulateur central fixait un taux de taxe et un taux de subvention à la R&D identique dans les deux pays. Nos résultats montrent qu'une différenciation de la politique sur le financement (le régulateur taxe différemment les firmes industrielles selon le pays d'implantation) serait plus efficace qu'une politique non différenciée. A l'inverse, une différenciation sur l'allocation (le régulateur subventionne différemment la R&D selon le pays d'implantation) serait moins efficace qu'une politique non différenciée. La supériorité d'une politique différenciée sur le financement est liée au fait qu'elle laisse au régulateur la possibilité de contrôler l'impact de la politique sur la géographie économique (ce qui n'est pas le cas d'une politique non différenciée). L'infériorité d'une politique différenciée sur l'allocation est liée au fait qu'elle peut réduire la concentration spatiale des activités de R&D ce qui est négatif pour la productivité moyenne du secteur. Dès lors, une différenciation sur l'allocation trop importante pourrait rendre la politique inefficace.

La suite de ce chapitre est organisée de la façon suivante. La prochaine section présente de façon détaillée le cadre du modèle utilisé. La section 3 détermine l'état d'équilibre de l'économie. La section 4 analyse les effets de la politique sur les variables endogènes du modèle et discute de ses effets sur les défaillances de l'économie décentralisée. La section 5 propose une analyse de bien-être et la section 6 discute de différentes options concernant le financement et l'allocation géographique des subventions à la R&D. La section 7 présente nos conclusions.

2.2 Cadre du modèle

2.2.1 Introduction

Le modèle développé dans ce chapitre est inspiré des modèles NEGG de Martin et Ottaviano (1999) et Baldwin, Martin et Ottaviano (2001). On considère une économie composée de deux pays i et j qui sont identiques en termes de préférences et de technologies. La population active de chaque pays est homogène et constante dans le temps c'est-à-dire que $L = L_i = L_j$. On suppose que le pays i détient initialement davantage de capital que le pays j ($A_i(0) > A_j(0)$) si bien qu'il existe une inégalité de revenu entre les deux pays. Contrairement au capital qui est supposé parfaitement mobile, le travail est immobile géographiquement mais mobile sectoriellement.

L'économie est composée de trois secteurs d'activités. Un secteur "traditionnel" en concurrence pure et parfaite produisant un bien de consommation homogène selon une technologie à rendement constant nécessitant une unité de travail par unité produite. Ce bien est utilisé comme numéraire et s'échange sans coût entre les deux pays.

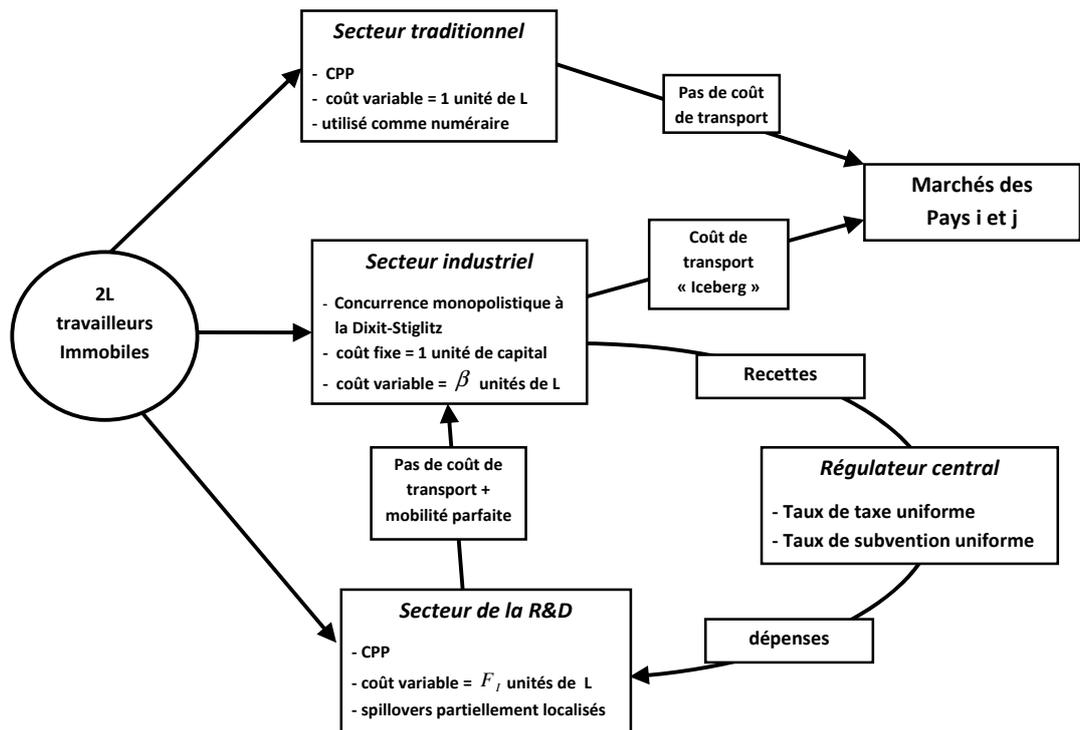
Un secteur "industriel" en concurrence monopolistique à la Dixit-Stiglitz (1977) produisant des biens de consommation différenciés selon une technologie à rendement croissant nécessitant β unités de travail par unité produite et un coût fixe d'une unité de capital. Chaque firme du secteur produit une unique variété du fait des rendements d'échelles. L'unité de capital nécessaire pour produire prend la forme d'un brevet contenant les plans de fabrication d'un bien différencié. Il est acheté au secteur de la R&D. les biens différenciés s'échangent avec un coût de transport de type "Iceberg" à la Samuelson (1954).

Un secteur de la R&D en concurrence pure et parfaite produisant les unités de capital (des brevets) selon une technologie à rendements constants nécessitant

F_I unités de travail par unité de capital produite. Ces rendements constants sont liés à la présence d'externalités de connaissances positives. Après avoir produit une unité de capital, les firmes de la R&D obtiennent un brevet sur cette invention d'une durée de vie infinie.

Nous introduisons dans cette économie un régulateur central qui peut mettre en place une politique de soutien à la R&D. Nous supposons que l'Etat central finance cette politique en taxant le profit des firmes industrielles. Le soutien à la R&D prend la forme d'une subvention proportionnelle au coût de production du capital. Nous étudions une politique non différenciée, c'est-à-dire, que le taux de taxe et le taux de subvention sont identiques dans les deux pays ($T = T_i = T_j$ et $S = S_i = S_j$). Nous discutons différentes politiques différenciées dans la dernière section de ce chapitre.

Le schéma ci-dessous résume le cadre général du modèle développé dans ce chapitre :



Graphique 1 : Cadre du modèle

2.2.2 Consommation

Comme le pays i et le pays j sont symétriques (à l'exception de leur dotation en capital), nous décrirons seulement l'économie du pays i dans la suite du chapitre. Les préférences des consommateurs sont résumées par une fonction d'utilité intertemporelle :

$$\int_0^{\infty} \ln \left[D_i(t)^\alpha Z_i(t)^{1-\alpha} \right] e^{-\rho t} dt \quad (2.1)$$

où ρ représente le taux de préférence pour le présent, Z représente le bien homogène et D l'indice de consommation des biens différenciés. $\alpha \in [0, 1]$ représente la part de la consommation allouée aux biens différenciés. L'indice de consommation des biens différenciés est représenté par une fonction CES à la Dixit-Stiglitz (1977) :

$$D_i(t) = \left[\int_0^{N_i} D_{ii}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di + \int_0^{N_j} D_{ji}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} dj \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (2.2)$$

où $N_{i(j)}$ représente le nombre de variétés qui sont produites dans le pays $i(j)$ tel que $N_i + N_j = N_w$. D_{ii} et D_{ji} représentent la demande d'un consommateur résidant en i pour les biens produits respectivement dans le pays i et j . $\sigma > 1$ représente l'élasticité de substitution entre variétés ainsi que l'élasticité-prix de la demande pour chaque variété. Plus σ est élevé moins les biens sont différenciés. Notons également que $N_w = A_w = A_i + A_j$ puisque chaque firme industrielle ne produit qu'une variété (et que la production d'une variété nécessite une unité de capital).

En utilisant les expressions (2.1) et (2.2), on peut écrire les dépenses d'un consommateur du pays i comme :

$$E_i(t) = \left[\int_0^{N_i} D_{ii}(t) P_{ii} di + \int_0^{N_j} D_{ji}(t) \tau P_{ji} dj + Z_i(t) \right] \quad (2.3)$$

où P_{ii} et P_{ji} représentent le prix de vente dans le pays i d'une variété de bien différencié produite respectivement dans le pays i et j . Rappelons que les biens différenciés sont soumis à un coût de transport Iceberg si bien que les entreprises du pays j doivent exporter $\tau > 1$ unités de bien pour qu'une unité arrive dans le pays i . Ainsi, pour les consommateurs du pays i , le coût d'achat d'un bien différencié provenant du pays j est égal à τ fois le prix de vente de ce bien sur son marché interne.

Le programme d'optimisation du consommateur se résout en deux temps. Dans un premier temps, il détermine les quantités de biens homogène et différenciés qui maximisent son utilité (2.1) étant donné son niveau de dépenses (2.3). Pour un ménage représentatif habitant le pays i , on obtient :

$$Z_i = (1 - \alpha)E_i \quad (2.4)$$

$$D_{ii} = \frac{\alpha E_i P_{ii}^{-\sigma}}{\Delta^{1-\sigma}} \quad (2.5)$$

$$D_{ji} = \frac{\alpha E_i \tau^{-\sigma} P_{ji}^{-\sigma}}{\Delta^{1-\sigma}} \quad (2.6)$$

$$\Delta = \left[\int_0^{N_i} P_{ii}^{1-\sigma} + \int_0^{N_j} \phi P_{ji}^{1-\sigma} \right]^{1/(1-\sigma)}$$

où Δ représente l'indice de prix CES des biens différenciés associé à l'expression (2.2) et $\phi = \tau^{1-\sigma} \in [0, 1]$ représente une mesure du degré d'intégration commerciale entre les deux pays. Dans la littérature, le paramètre ϕ est souvent associé à une mesure de la qualité des infrastructures de transport reliant les deux pays (Martin et Rogers 1995, Martin 1999). Ainsi une baisse de τ traduit une amélioration de la qualité des infrastructures et se traduira par une augmentation du paramètre ϕ ($d\phi/d\tau > 0$).

Dans un second temps, le consommateur réalise un arbitrage intertemporel entre consommation et investissement. De ce fait, il maximise (2.1) sous la contrainte de budget intertemporelle :

$$\dot{z}(t) = w(t) + r(t)z(t) - E_i(t) \quad (2.7)$$

où $z(t)$ représente la valeur du stock de capital détenu par un consommateur représentatif à la période t , $w(t)$ représente le taux de salaire à la période t et $r(t)$ représente le taux d'intérêt sur le marché des actifs à la période t . En prenant les prix et les dépenses comme données, la résolution du Hamiltonien nous permet d'obtenir l'équation d'Euler d'évolution de la consommation :

$$\frac{\dot{E}_i}{E_i} = r(t) - \rho \quad (2.8)$$

Ainsi, l'évolution de la consommation est positive si et seulement si le taux d'intérêt est supérieur au taux de préférence pour le présent. Notons que l'évolution de la consommation du pays j est également donnée par l'expression (2.8) car les préférences sont identiques.

2.2.3 Production et équilibre sur le marché des produits

Le secteur traditionnel produit une unité de bien homogène Z à rendement constant en utilisant une unité de travail. Ce bien sert de numéraire. En supposant que le secteur est actif dans les deux pays et que le travail est mobile sectoriellement, il suit que le taux de salaire dans l'ensemble des secteurs est égal à 1 ($w(t) = w = 1$).

Les firmes du secteur industriel sont en concurrence monopolistique et produisent chacune une variété de bien qui nécessite β unités de travail par unité produite et l'acquisition d'une unité de capital. Par conséquent, on peut écrire le profit opérationnel d'une firme industrielle localisée dans le pays i comme :

$$\Pi_i = \left[(P_{ii}LD_{ii} + \tau P_{ij}LD_{ij}) - \beta(LD_{ii} + \tau LD_{ij}) \right] \quad (2.9)$$

où P_{ii} et P_{ij} représentent le prix auquel une variété produite dans le pays i est vendue respectivement dans le pays i et j . LD_{ii} et LD_{ij} représentent respectivement la demande totale des L consommateurs des pays i et j pour une variété produite dans le pays i . Puisque la firme est localisée en i , elle doit produire τLD_{ij} pour répondre à la demande provenant des consommateurs du pays j .

Les firmes du secteur industriel ont la même technologie de production et font face à la même élasticité-prix de la demande (σ) dans les deux pays si bien que le prix de vente d'une variété est le même sur le marché interne et externe. En maximisant la fonction de profit (2.9), nous obtenons :

$$P_{ii} = P_{ij} = \frac{\beta\sigma}{\sigma - 1} = P_{ji} = P_{jj} \quad (2.10)$$

Le prix de vente des biens différenciés correspond à un taux de marge constant sur le coût marginal de production. On peut réécrire le profit opérationnel d'une firme représentative localisée dans le pays i comme :

$$\Pi_i = \frac{\beta x_i}{\sigma - 1} \quad (2.11)$$

où $x_i = LD_{ii} + \tau LD_{ij}$ représente la production totale d'une firme localisée en i . En intégrant les prix de vente des biens différenciés dans les fonctions de demandes (2.5) et (2.6), nous pouvons déterminer les niveaux de demande d'équilibre d'un consommateur localisé dans le pays i :

$$D_{ii} = \frac{\sigma - 1}{\beta\sigma} \frac{\alpha E_i}{N_i + \phi N_j} \quad (2.12)$$

$$D_{ji} = \frac{\sigma - 1}{\beta\sigma} \frac{\alpha E_i \tau^{-\sigma}}{N_i + \phi N_j} \quad (2.13)$$

Et par symétrie on a les niveaux de demande pour un consommateur représentatif localisé dans le pays j :

$$D_{jj} = \frac{\sigma - 1}{\beta\sigma} \frac{\alpha E_j}{\phi N_i + N_j} \quad (2.14)$$

$$D_{ij} = \frac{\sigma - 1}{\beta\sigma} \frac{\alpha E_j \tau^{-\sigma}}{\phi N_i + N_j} \quad (2.15)$$

En utilisant les équations (2.12), (2.13), (2.14), (2.15) et le niveau de production d'une firme représentative (x_i), on obtient les niveaux de production d'équilibre :

$$x_i = \frac{\alpha L(\sigma - 1)}{\beta\sigma N_w} \left(\frac{E_i}{[s_n + \phi(1 - s_n)]} + \frac{\phi E_j}{[\phi s_n + (1 - s_n)]} \right) \quad (2.16)$$

$$x_j = \frac{\alpha L(\sigma - 1)}{\beta\sigma N_w} \left(\frac{\phi E_i}{[s_n + \phi(1 - s_n)]} + \frac{E_j}{[\phi s_n + (1 - s_n)]} \right) \quad (2.17)$$

où $s_n = N_i/N_w$ représente la proportion de firmes du secteur industriel localisée dans le pays i . Puisque le capital est supposé parfaitement mobile entre les deux pays, les détenteurs de capital peuvent allouer librement et sans coût leur capital puis rapatrier leur profit. Ainsi la proportion de firmes industrielles localisée dans le pays i (s_n) peut être différente de la proportion de capital détenu par les consommateurs du pays i notée $s_A = A_i/A_w$. L'équilibre de localisation du secteur industriel doit satisfaire la condition d'égalité des profits opérationnels, c'est-à-dire qu'aucune firme n'a intérêt à changer de localisation. L'équilibre de localisation satisfait donc la condition $x_i = x_j = x$, c'est-à-dire :

$$s_n = \frac{1}{2} + \frac{(1 + \phi)}{1 - \phi} \left(s_e - \frac{1}{2} \right) \quad (2.18)$$

où $s_e = E_i/E_w$ représente la part des consommateurs du pays i dans la consommation mondiale c'est à dire que s_e est une mesure de l'inégalité de revenu entre les deux pays. Cette dernière équation (2.18) illustre le fameux Home Market Effect mis en évidence par les modèles de la Nouvelle Economie Géographique. Ce dernier renvoie au fait que le pays qui a la plus grande taille de marché attire une part plus que proportionnelle de firmes industrielles. Le Home Market Effect est d'autant plus important que l'intégration commerciale est poussée. Ce résultat est très intuitif : une plus grande intégration commerciale rend moins coûteux l'exportation vers les consommateurs habitant le petit marché ce qui

augmente l'attrait du grand pays (en permettant aux firmes de réaliser des économies d'échelles). Ainsi, l'approfondissement de l'intégration commerciale réduit les avantages liés à l'isolement géographique dans le petit marché.

A partir de l'expression (2.18), nous pouvons déterminer le volume de production d'une firme industrielle pour un niveau donné de dépenses en remplaçant l'équation (2.18) dans l'équation (2.16) :

$$x = \alpha L \frac{\sigma - 1}{\beta \sigma} \frac{E_w}{N_w} \quad (2.19)$$

La production individuelle des firmes du secteur industriel est la même qu'elles soient localisées dans le pays i ou dans le pays j . Par conséquent, le profit opérationnel d'une firme industrielle est donné par $\Pi = \beta x / (\sigma - 1)$.

2.2.4 R&D et Innovation

Le processus de croissance utilisé dans le modèle est emprunté à Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991).

Le secteur de la R&D est en concurrence pure et parfaite et produit des plans de fabrication de nouvelles variétés qui sont brevetés puis vendus au secteur industriel. Comme chez Romer (1990), on considère que les connaissances produites par le secteur de la R&D sont un bien public librement disponible pour l'ensemble des innovateurs potentiels. On suppose que la production du secteur de la R&D est soumise à des externalités de connaissances positives qui sont transmises par les activités de production. Le coût de production d'une unité de capital (F_I^i) dans le pays i est donné par :

$$F_I^i \equiv \frac{1}{A_w W} \quad (2.20)$$

$W \equiv [s_n + \gamma(1 - s_n)]$ avec $\gamma \in [0, 1[$ un paramètre mesurant la diffusion spatiale des externalités de connaissances. On suppose donc que le coût de production d'un brevet suit une courbe d'apprentissage sectorielle spatialisée, c'est-à-dire, que le coût marginal de production des connaissances diminue avec le stock de connaissances disponible d'une part et le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances d'autre part. L'hypothèse d'externalités de connaissances partiellement localisées a été utilisée pour la première fois dans un modèle NEGG par Baldwin et al. (2001). Elle renvoie au fait stylisé selon lequel les externalités

de connaissances sont bornées géographiquement⁴ et décroissent à mesure que la distance géographique augmente (Feldman, 2000).

Le fait de supposer $\gamma < 1$ implique que le coût de production d'un brevet sera toujours inférieur dans le pays qui accueille le plus de firmes industrielles sur son territoire. Comme il existe une inégalité de revenu entre les deux pays et que la localisation des firmes industrielles est soumise au Home Market effect, il en découle que le coût de production de la R&D est plus faible dans le pays i entraînant la localisation de l'ensemble des activités de R&D dans ce pays. Ainsi, au niveau global le nombre de brevets produit à chaque période est donné par :

$$\dot{A}_w = \frac{L_I}{F_I} = L_I W A_w \quad (2.21)$$

où L_I représente la quantité de travail utilisée par le secteur de la R&D et $F_I = F_I^i$ le coût de production unitaire.

2.2.5 L'équilibre sur le marché du travail

Les consommateurs offrent de manière inélastique une unité de travail par unité de temps. La population active est stable dans le temps si bien que l'offre totale de travail est égale à $2L$. La demande totale de travail du secteur traditionnel est obtenue à partir de l'expression (2.4) et égale à $L_Z = L(1 - \alpha)E_w$. La demande totale de travail du secteur industriel est donnée par le produit de la production mondiale du secteur ($N_w x$) et du besoin marginal en travail (β). En utilisant l'expression (2.19), on obtient $L_D = \alpha L(\sigma - 1)E_w/\sigma$. Finalement la demande de travail du secteur de la R&D est donnée par $L_I = \dot{A}_w F_I$. Dès lors, l'équilibre sur le marché du travail satisfait la condition :

$$2L = \frac{g}{W} + L E_w \left(\frac{\sigma - \alpha}{\sigma} \right) \quad (2.22)$$

où $g = \dot{A}_w/A_w$ est le taux de croissance constant à l'état d'équilibre. Puisque l'offre de travail est constante, un équilibre sur le marché du travail nécessite

⁴Cette caractéristique s'explique théoriquement par le fait que les connaissances scientifiques sont très complexes et correspondent donc à des connaissances tacites qui ne peuvent se diffuser correctement qu'avec des contacts récurrents et de face-à-face. Elles se différencient ainsi des connaissances codifiées très facilement transférables. Par ailleurs, de nombreux éléments sociologiques limitent la diffusion spatiale des connaissances comme les différences culturelles, les langues, les méthodes de travail,...

que la demande de travail soit stable. De ce fait, on a $\dot{E}_w = 0$ à l'équilibre ce qui implique d'après (2.8) que :

$$r = \rho \quad (2.23)$$

Ainsi, à l'état d'équilibre, le taux d'intérêt sur les actifs est strictement équivalent au taux de préférence pour le présent.

2.2.6 Le secteur public et le soutien à la R&D

Comme nous l'avons précisé dans l'introduction de cette section, nous supposons qu'il existe un régulateur supranational qui peut mettre en place une politique de soutien à la R&D. Cette politique centralisée est supposée non différenciée, c'est-à-dire que le régulateur fixe un taux de taxe sur le profit des firmes industrielles et un taux de subvention à la R&D identique dans les deux pays. Nous supposons également que le régulateur central a une contrainte de budget équilibré et qu'il ne peut taxer le profit des firmes industrielles à un taux supérieur à 100%.

La mise en place d'une taxe proportionnelle sur le profit des firmes industrielles ne modifie pas leur niveau de production ni l'expression gouvernant leur équilibre de localisation. A partir de l'expression (2.19), on peut exprimer le montant des recettes obtenues comme :

$$\text{Recettes} = T\Pi N_w = T \frac{\alpha L E_w}{\sigma}$$

où T mesure le taux de taxe appliqué sur le profit opérationnel des firmes industrielles. Cette expression montre que l'assiette fiscale correspond à une fraction du PIB mondial (donné par $L E_w$). Ces recettes sont utilisées pour réduire le coût de production des brevets. Le coût de la politique est donc égal à la part du coût total de la R&D financée par le secteur public, c'est-à-dire :

$$\text{Dépenses} = S L_I$$

où S représente le taux de subvention à la R&D. Notons qu'une subvention réduisant le coût de la R&D aura les mêmes effets incitatifs qu'une subvention augmentant le rendement de la R&D comme nous le montrons en annexe 1. En sachant que $L_I = g/W$, on peut exprimer le taux de subvention des activités de R&D qui satisfait la contrainte de budget équilibré du régulateur comme :

$$S = T \frac{\alpha W L E_w}{\sigma g} \quad (2.24)$$

Si la mise en place d'une telle politique ne modifie pas les expressions concernant la production et la localisation des firmes industrielles, elle va modifier le coût de production d'un brevet qui ne sera plus donné par (2.20) mais par :

$$F_I = \frac{1 - S}{A_w W} \quad (2.25)$$

2.3 L'état d'équilibre du modèle

2.3.1 Le taux de croissance d'équilibre

Le taux de croissance d'équilibre est obtenu à partir du montant d'investissement optimal dans les activités de R&D (mesuré en termes d'unités de travail). Dans le modèle, le niveau d'investissement d'équilibre est déterminé par la condition traditionnelle d'absence d'opportunités d'arbitrage entre l'investissement dans une firme industrielle (sous forme de titres de propriété) et un placement au taux r . Appelons $v(t)$, la valeur d'une firme à la date t sur le marché des actifs⁵. Cette valeur correspond à la somme actualisée des profits opérationnels après taxe, c'est-à-dire :

$$v(t) = \int_t^\infty e^{-[R(s)-R(t)]} \frac{\beta x(s)}{\sigma - 1} (1 - T) ds \quad (2.26)$$

où $R(t) = \int_0^t r(\tau) d\tau$ représente le taux d'actualisation cumulé de la période 0 à la période t . En dérivant (2.26) par rapport au temps, nous obtenons la condition d'arbitrage qui assure l'équilibre sur le marché du financement des unités de capital :

$$\dot{v} + \frac{\beta x}{\sigma - 1} (1 - T) = rv \quad (2.27)$$

Avec la condition de libre entrée dans le secteur de la R&D, la valeur d'un brevet (d'une unité de capital) est égal à son coût de production noté F_I . Le secteur industriel étant en concurrence monopolistique, la valeur d'une firme à l'équilibre sera égale à la valeur de son actif, à savoir, un brevet. Par conséquent, on sait qu'à l'équilibre $v = F_I$. En différenciant l'expression (2.25), on obtient l'évolution de la valeur d'une firme industrielle :

$$\frac{\dot{v}}{v} = -g \quad (2.28)$$

⁵La valeur d'une firme industrielle sur le marché des actifs reflète parfaitement sa valeur réelle puisque nous écartons les cas de bulle spéculative.

Ainsi, la valeur des firmes décroît avec le taux d'arrivée de nouvelles variétés sur le marché. Cette relation est très intuitive puisque le nombre de variétés et de firmes industrielles augmente chaque année au taux g , si bien qu'à chaque période la concurrence s'intensifie et le profit réalisé par chaque firme est de plus en plus faible. En substituant les expressions (2.19), (2.23), (2.25), (2.28) dans (2.27), on peut réécrire la condition (2.27) comme :

$$\frac{\alpha L E_w W (1 - T)}{\sigma (1 - S)} = \rho + g \quad (2.29)$$

Pour obtenir le taux de croissance d'équilibre g , il faut substituer les conditions qui assurent l'équilibre sur le marché du travail (2.22) et un budget équilibré du secteur public (2.24) dans l'expression (2.29). Cela revient à résoudre un polynôme du second degré en g . Il existe deux solutions dont une est toujours négative. Dans le cadre de ce chapitre, nous nous focalisons seulement sur la solution où le taux de croissance peut-être positif, c'est-à-dire :

$$g = \frac{\Lambda + \sqrt{\Lambda^2 + 8\alpha\sigma\rho WLT}}{2\sigma} \quad (2.30)$$

où

$$\begin{aligned} \Lambda &= \alpha[2WL - \rho T] - \rho(\sigma - \alpha) \\ W &\equiv [s_n + \gamma(1 - s_n)] \end{aligned}$$

Cette expression du taux de croissance montre que le dynamisme de l'activité se nourrit de la concentration spatiale des activités économiques dans le pays i ($dg/ds_n > 0$). En effet, plus la concentration spatiale des activités industrielles est forte dans le pays qui accueille les entreprises de la R&D, plus ces dernières vont pouvoir bénéficier d'externalités de connaissances ce qui va accroître la productivité du secteur. Cette hausse de la productivité va augmenter les incitations à investir en R&D et se traduire par une hausse du taux de croissance. Par ailleurs, on peut remarquer que le taux de croissance est croissant avec les paramètres γ , α et L alors qu'il est décroissant avec les paramètres σ et ρ . Deux remarques sur cette expression du taux de croissance méritent d'être soulignées. Tout d'abord si l'on avait supposé que $\gamma = 1$, c'est-à-dire des externalités de connaissances globales, alors la géographie n'influencerait plus le taux de croissance d'équilibre. Ensuite, notre modèle fait apparaître un effet d'échelle important puisque le taux de croissance d'équilibre est croissant avec la taille de la population. Cette hypothèse est discutée dans le prochain chapitre.

2.3.2 Inégalités de revenu et revenu réel

Avant de déterminer l'état d'équilibre du modèle, nous devons mettre en évidence une dernière relation d'équilibre. Nous avons déjà montré comment la localisation du secteur industriel était influencée par l'inégalité de revenu (2.18) et comment le taux de croissance était influencé par la localisation d'équilibre du secteur industriel (2.30). Il nous reste donc à spécifier le lien entre le taux de croissance (g) et l'inégalité de revenu (s_e). On sait que les revenus nominaux des consommateurs sont stables à l'équilibre puisque $\dot{E}_w = \dot{E}_i = \dot{E}_j = 0$. Le revenu des consommateurs est constitué des revenus du travail et du capital. Chaque consommateur perçoit un salaire de 1 à chaque période. Concernant le revenu du capital, on sait que le stock de capital par tête augmente au taux g à chaque période mais aussi que la valeur d'une unité de capital décroît au taux g à chaque période (2.28). Par conséquent, la valeur des actifs détenus est stable au cours du temps et donnée par la distribution initiale du capital ($A_i(0)$ et $A_j(0)$) multipliée par la valeur initiale du capital $v(0)$. Ainsi, le revenu d'un consommateur représentatif dans chacun des pays est donné par :

$$E_i = 1 + \frac{\rho A_i(0)v(0)}{L} \quad E_j = 1 + \frac{\rho A_j(0)v(0)}{L}$$

En utilisant le fait que $v(0) = F_I(0)$, on peut écrire les revenus nominaux comme :

$$E_i = 1 + \frac{\rho s_A(1-S)}{LW} \quad E_j = 1 + \frac{\rho(1-s_A)(1-S)}{LW} \quad (2.31)$$

où $s_A = A_i/A_w$ représente la part du capital mondial détenue par les consommateurs du pays i . Finalement, en utilisant les expressions (2.24), (2.30) et (2.31), nous pouvons exprimer la relation d'équilibre entre l'inégalité de revenu (s_e) et le taux de croissance (g) comme :

$$s_e = \frac{1}{2} + \frac{\alpha\rho(2s_A - 1)(1-T)}{2\sigma(g + \rho)} \quad (2.32)$$

Ainsi tant que $s_A > 1/2$ et que $T < 1$, le revenu nominal des consommateurs du pays i est plus élevé que celui des consommateurs du pays j . L'expression (2.32) montre qu'il existe une relation décroissante entre l'inégalité de revenu et le taux de croissance. Cette relation est liée au fait qu'un taux de croissance plus élevé implique une compétition plus forte dans le secteur industriel et des profits individuels plus faibles. Puisque la valeur d'une unité de capital (d'un brevet) est égal aux flux actualisés des profits après taxe, il suit qu'un taux de croissance plus important s'accompagne d'une valeur plus faible du capital. L'inégalité de revenu entre les consommateurs étant liée à une dotation inégale

en capital, toute réduction de la valeur du capital se traduira par une réduction de l'inégalité de revenu.

Notons que si les revenus nominaux sont stables à l'équilibre, les revenus réels évoluent. En effet, les indices de prix CES des biens différenciés évoluent avec l'accroissement du nombre de variétés produites. Ces indices de prix CES sont donnés par :

$$P_i = N_w^{1/(1-\sigma)} \left(\frac{\beta\sigma}{\sigma-1} \right) [s_n + \phi(1-s_n)]^{1/(1-\sigma)} \quad (2.33)$$

$$P_j = N_w^{1/(1-\sigma)} \left(\frac{\beta\sigma}{\sigma-1} \right) [(\phi s_n + (1-s_n))]^{1/(1-\sigma)} \quad (2.34)$$

Le revenu réel des consommateurs est égal à leur revenu nominal divisé par le niveau des prix. Etant donné les préférences des consommateurs données par les expressions (2.1) et (2.2) et la normalisation des prix pour le bien homogène, le niveau des prix est donné par :

$$P_i^* = P_i^\alpha \text{ et } P_j^* = P_j^\alpha$$

Il suffit de calculer l'évolution de E_i/P_i^* et de E_j/P_j^* en fonction du temps pour connaître l'évolution du revenu réel. On peut montrer que le revenu réel dans chaque pays évolue au rythme :

$$\frac{\dot{E}^*}{E^*} = \frac{\alpha}{\sigma-1} g \quad (2.35)$$

L'expression (2.35) indique que plus les biens industriels représentent une part importante de la consommation totale (α), plus le revenu réel croît rapidement. De manière similaire, plus les biens seront différenciés ($\sigma \rightarrow 1$) plus le revenu réel augmentera.

2.3.3 L'état d'équilibre

Pour déterminer l'état d'équilibre du modèle, il faut déterminer le triplet (s_n, s_e, g) qui satisfait les trois relations d'équilibre du modèle. En insérant les expressions (2.32) et (2.30) dans l'expression (2.18), l'équilibre de localisation du secteur industriel doit vérifier la relation suivante :

$$s_n = \frac{1}{2} + \frac{\alpha\rho(1-T)(2s_A - 1)}{\rho(\alpha + \sigma) + \sqrt{\Lambda^2 + 8WLT\alpha\sigma\rho} + \alpha(2WL - \rho T)} \left(\frac{1 + \phi}{1 - \phi} \right) \quad (2.36)$$

avec

$$W = [s_n + \gamma(1 - s_n)]$$

L'équation (2.36) peut se réécrire sous la forme $f(s_n) = as_n^3 + bs_n^2 + cs_n + d = 0$ ce qui implique que s_n est la solution d'une équation du troisième degré. Il existe trois solutions réelles à une telle équation. Les simulations réalisées à partir de l'équation (2.36) montre que deux des trois solutions sont aberrantes. Par conséquent, la concentration spatiale du secteur industriel à l'état d'équilibre est donnée par :

$$s_n = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos\left(\frac{\arccos\left(\frac{3q}{2p}\sqrt{-\frac{3}{p}}\right) + 4\pi}{3}\right) - \frac{b}{3a} \quad (2.37)$$

avec

$$p = \frac{c}{a} - \frac{b^2}{3a^2}$$

$$q = \frac{d}{a} + \frac{b}{27a} \left(\frac{2b^2}{a^2} - \frac{9c}{a} \right)$$

Les expressions de a, b, c et d sont présentées en annexe 2. Pour déterminer les valeurs d'équilibre de g et s_e , il suffit de remplacer l'expression (2.37) dans les expressions (2.32) et (2.30) respectivement.

2.4 Défaillances de marché et effets de la politique de soutien à la R&D

2.4.1 Les défaillances de l'équilibre décentralisé

Dans ce modèle, l'économie décentralisée est marquée par trois défaillances de marché qui vont créer un écart avec l'équilibre optimal. Deux d'entre elles sont classiques dans les modèles de croissance endogène. La première est liée à la présence d'externalités de connaissances positives dans le processus d'innovation et la seconde est liée au pouvoir de marché des firmes du secteur industriel. Toutes deux conduisent les agents à sous-investir en R&D par rapport à l'optimum. La dernière défaillance, spécifique aux modèles NEGG, est liée au choix de localisation du secteur industriel. Plus précisément, le choix de localisation génère trois externalités que les firmes n'internalisent pas. Dans la suite, nous rappelons l'effet de ces externalités sur les incitation à mener des activités de R&D bien qu'elles aient déjà été présentées dans le chapitre précédent.

La première externalité renvoie à l'impact direct de la géographie économique sur le niveau des indices de prix CES puisque les échanges de biens différenciés sont soumis à des coûts de transports. On peut facilement montrer que les coûts de transports supportés au niveau mondial (par les consommateurs des pays i et j) sont minimisés lorsque les activités industrielles sont parfaitement dispersées entre les deux pays. A l'équilibre décentralisé du modèle, on sait que le pays à haut revenu (pays i) attire plus de la moitié des firmes industrielles du fait du Home Market Effect. Par conséquent, la localisation du secteur industriel est sous-optimale du point de vue de cette externalité. Puisqu'une concentration spatiale plus forte induit un coût de production plus faible de la R&D (voir (2.25)), les agents sont trop incités à investir en R&D. Ainsi, la non prise en compte de cette externalité conduit les agents à sur-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus élevé).

La seconde externalité renvoie à l'impact indirect de la géographie économique sur les indices de prix CES via son effet sur le taux de croissance. En réduisant le coût de production des connaissances, la concentration spatiale (s_n) incite davantage d'agents à mener des activités de R&D. Cela va augmenter le taux de croissance et le nombre de variétés produites (N_w). On peut remarquer que les indices de prix CES des deux pays sont décroissants avec le nombre de variétés. Le taux de croissance est maximal lorsque l'ensemble du secteur industriel est entièrement localisé dans le pays à haut revenu. Ainsi, dès lors que la concentration spatiale du secteur industriel n'est pas totale dans le pays à haut revenu, la localisation est sous-optimale du point de vue de cette externalité. Puisque la concentration spatiale réduit le coût de production des connaissances (voir (2.25)) et augmente les incitations à mener des activités de R&D, la non prise en compte de l'effet pro-croissance de la concentration spatiale conduit les agents à sous-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus faible).

La troisième externalité renvoie à l'impact direct de la géographie du secteur industriel sur le revenu nominal des consommateurs. Un renforcement de la concentration spatiale se traduit par la mise sur le marché de davantage de variétés, c'est-à-dire par une intensification de la concurrence dans le secteur industriel⁶. Ainsi, le profit et la valeur de marché des firmes industrielles diminuent ce qui réduit la valeur nominale du capital des consommateurs (constitué des titres de propriétés de ces firmes). Du point de vue de cette externalité, la

⁶Rappelons que chaque firme ne produit qu'une seule variété dans ce modèle du fait des économies d'échelle.

localisation optimale est un équilibre dispersé du secteur industriel. Or, nous savons que du fait du Home Market Effect, une majorité de firmes s'implante dans le pays à haut revenu. Ainsi la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé est trop élevée par rapport à l'optimum. L'incitation à mener des activités de R&D étant croissante avec la concentration spatiale (voir (2.25)), la non prise en compte de cette externalité conduit les agents à sur-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production des connaissances plus élevé).

Pour résumer, le choix de localisation des firmes industrielles génère trois externalités. Deux d'entre elles conduisent les agents à sur-investir en R&D et une les conduit à sous-investir en R&D. Par conséquent, l'effet net de la défaillance liée au choix de localisation dépend de la force relative de ces trois externalités. Comme le souligne Martin et Ottaviano (1999), il est impossible de déterminer analytiquement la localisation optimale dans ce modèle. Nous ne pouvons donc pas conclure sur l'effet net de la défaillance liée au choix de localisation.

Dans la sous-section suivante, nous analysons l'impact de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre du modèle (s_n, g, s_e) ce qui nous permettra d'en déduire sa capacité à corriger les défaillances de l'équilibre décentralisé.

2.4.2 Impact de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre

Effet de la politique sur la localisation des firmes industrielles

Pour analyser l'impact de la politique de soutien à la R&D sur la localisation des firmes du secteur industriel, nous devons analyser l'impact d'une hausse du soutien public à la R&D (S) sur la concentration spatiale des firmes dans le pays i (s_n). La part de la R&D financée par le secteur public étant une fonction croissante du taux de taxe, il suit que notre problème se résume à comprendre l'impact d'une variation du taux de taxe sur la concentration des firmes industrielles dans le pays i . La dérivée de (2.37) est trop complexe pour être analysée directement si bien que nous utilisons les expressions d'équilibre de chaque variable endogène (2.18), (2.30) et (2.32) afin de déterminer le signe

de cette dérivée. La dérivée de s_n par rapport à T peut s'écrire comme :

$$\frac{ds_n}{dT} = \left(\underbrace{\frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{\partial g}{\partial T}}_{\text{effet croissance}} + \underbrace{\frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial T}}_{\text{effet inégalité}} \right) \left(1 - \underbrace{\frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{\partial g}{\partial s_n}}_{\text{effet productivité de la R\&D}} \right)^{-1} < 0 \quad (2.38)$$

\ominus \ominus \oplus

La preuve de ce résultat est fournie en annexe 3. Cette expression montre que plus le niveau de taxe est élevé (plus le secteur public subventionne la R&D), plus la concentration spatiale des firmes industrielles dans le pays i est faible. Ce résultat est lié à trois effets distincts.

- Le premier effet ("effet croissance") renvoie à l'influence de la politique sur la localisation via son effet direct sur le taux de croissance. Pour illustrer cet effet, supposons que le régulateur central décide d'augmenter le taux de taxe. Dans ce cas, les recettes fiscales augmentent et permettent une hausse du taux de subvention de la R&D qui se traduit par une réduction du coût privé de la R&D. Cela va inciter davantage d'entrepreneurs à mener des activités de R&D et se traduira par une augmentation du taux de croissance. Une hausse du taux de croissance se traduit par une hausse de la concurrence dans le secteur industriel et *in fine* par une réduction de la valeur du capital. Les consommateurs du pays i ayant une part de leur richesse liée au revenu du capital plus importante que ceux du pays j , cela se traduit par une baisse de l'inégalité de revenu (2.32). La localisation des firmes industrielles étant directement liée à l'inégalité de revenu (2.18), une réduction de celle-ci conduit une partie des firmes industrielles à se délocaliser vers le pays j (car il y a moins d'avantages à rester localisé dans le pays i).

- Le second effet ("effet inégalité") renvoie à l'influence de la politique sur la localisation via son effet direct sur l'inégalité de revenu. Nous illustrons cet effet en supposant une augmentation du taux de taxe. Dans ce cas, le profit des firmes industrielles se réduit et leur valeur également. Cette réduction de la valeur des actifs va impacter négativement le revenu nominal des consommateurs dans les deux pays. Les consommateurs du pays i qui détiennent davantage de capital vont être plus affectés que les consommateurs du pays j si bien que l'inégalité de revenu entre les deux pays se réduit. Cette réduction de l'inégalité de revenu va réduire le Home Market Effect et se traduire par une délocalisation d'une partie du secteur industriel vers le pays j .

Pour résumer, ces deux premiers effets réduisent l'inégalité de revenu entre les deux pays et incitent une partie des firmes industrielles à se délocaliser vers

le pays périphérique. Par conséquent, ces deux effets peuvent être vus comme des forces centrifuges.

- Le troisième effet ("effet productivité de la R&D") est la conséquence des deux premiers. Il renvoie à l'impact de la politique sur la localisation via son effet indirect sur la productivité des activités de R&D. Comme nous l'avons vu, les effets "croissance" et "inégalité" réduisent l'inégalité de revenu entre les deux pays ce qui incite une partie des firmes industrielles à se délocaliser vers le pays j . Cependant, une réduction de la concentration spatiale réduit les externalités de connaissances et par conséquent la productivité de la R&D. Cette baisse de la productivité va réduire le taux de croissance et augmenter l'inégalité de revenu. L'effet "productivité de la R&D" incite ainsi les firmes à se concentrer dans le pays i et limite l'impact des deux premiers effets. Il constitue donc une force centripète pour les firmes du secteur industriel.

Si l'effet net de la politique sur la localisation du secteur industriel est identique à celui identifié par Martin (1999), à savoir, une réduction de la concentration spatiale dans le pays à haut revenu, l'endogénéisation de la politique permet d'améliorer la compréhension des mécanismes en jeux. En effet, dans son article Martin (1999) met en avant l'"effet croissance" et son impact sur l'"effet productivité" mais omet l'"effet inégalité" et son impact sur l'"effet productivité".

Effet sur le taux de croissance

En utilisant l'expression (2.30), la dérivée du taux de croissance (g) par rapport à T peut s'écrire :

$$\frac{dg}{dT} = \underbrace{\frac{\partial g}{\partial T}}_{\text{effet coût}} + \underbrace{\frac{\partial g}{\partial s_n} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet localisation}} > 0 \quad (2.39)$$

⊕
⊖

La preuve de ce résultat est fournie en annexe 4. L'expression (2.39) nous montre que la politique de soutien à la R&D a un effet pro-croissance qui résulte de deux effets distincts.

- Le premier effet ("effet coût") renvoie à l'action de la politique sur le taux de croissance via son effet sur le coût de la R&D. Si l'Etat augmente le taux de taxe, cela va permettre d'augmenter le taux de subvention et de réduire le coût privé de la R&D. Le coût marginal de production d'un brevet étant plus faible,

davantage d'agents seront incités à mener des activités de R&D ce qui se traduira par une hausse de l'investissement en R&D et de la croissance économique.

- Le second effet ("effet localisation") renvoie à l'action de la politique sur la croissance via son effet sur la localisation des activités industrielles. Comme nous l'avons vu précédemment, une hausse du taux de taxe va inciter une partie des firmes à se délocaliser vers le pays j . Les externalités de connaissances étant partiellement localisées et le secteur de la R&D entièrement concentré dans le pays i , une réduction de la concentration spatiale des firmes industrielles dans le pays i va diminuer les externalités de connaissances dont vont bénéficier les firmes de la R&D et ainsi réduire la productivité de la R&D.

Puisque l'effet global de la politique sur le taux de croissance est positif, cela signifie que l'impact positif de l'"effet coût" surpasse l'impact négatif de l'"effet localisation".

Effet sur l'inégalité de revenu

La dernière variable endogène du modèle est l'inégalité de revenu entre les consommateurs des deux pays (s_e). La dérivée de cette variable par rapport au taux de taxe est donnée par :

$$\frac{ds_e}{dT} = \underbrace{\frac{\partial s_e}{\partial T}}_{\text{effet richesse} \ominus} + \underbrace{\frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{dg}{dT}}_{\text{effet concurrence} \ominus} < 0 \quad (2.40)$$

Le signe de cette dérivée se déduit directement des résultats précédents (voir annexe 3 et 4). L'expression (2.40) nous montre que cet impact négatif de la politique sur l'inégalité de revenu est le résultat de deux effets distincts.

- Le premier effet ("effet revenu") renvoie à l'action de la politique sur l'inégalité de revenu via son effet sur le revenu nominal des consommateurs. Si l'Etat augmente le taux de taxe, cela réduit le profit opérationnel des firmes industrielles et par conséquent la valeur du capital. Les consommateurs du pays i détenant davantage de capital que les consommateurs du pays j , cette réduction de la valeur du capital va davantage impacter leur revenu nominal. Il s'ensuit une réduction de l'inégalité de revenu.

- Le second effet ("effet concurrence") renvoie à l'action de la politique sur l'inégalité de revenu via son effet sur la concurrence dans le secteur industriel.

Comme nous l'avons vu précédemment, en subventionnant les activités de R&D, la politique induit une croissance plus forte. Cela signifie que davantage de firmes entrent sur le marché à chaque période ce qui intensifie la concurrence dans le secteur industriel. Les profits individuels sont poussés à la baisse ainsi que la valeur des firmes (donc du capital). Les consommateurs du pays i détenant davantage de capital, il s'ensuit une réduction de l'inégalité de revenu.

Les deux effets mis en évidence se renforcent puisque tous deux réduisent les inégalités de revenu. L'effet net de la politique sur l'inégalité de revenu est identique à celui mis en avant par Martin (1999), en revanche notre analyse améliore la compréhension des mécanismes en jeux. En effet, Martin (1999) discute de l'"effet concurrence" mais ne tient pas compte de l'existence de "l'effet revenu".

L'analyse des effets de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre du modèle (s_n, s_e, g) nous conduit à formuler la proposition suivante :

Proposition 1 : *La mise en place d'une politique non différenciée de soutien à la R&D permet (i) d'augmenter le taux de croissance, (ii) de réduire l'inégalité de revenu entre consommateurs et (iii) de réduire la concentration spatiale des firmes industrielles.*

Effets de la politique sur les défaillances de marché

A partir des résultats précédents, nous discutons de la capacité de la politique à corriger les défaillances de l'équilibre décentralisé. La mise en place d'une telle politique réduit le profit des firmes industrielles mais elle n'influence pas leur taux de marge et le niveau de production global du secteur. Puisque le pouvoir de monopole des firmes industrielles persiste, cette politique ne permet pas d'atteindre un optimum de premier rang.

Dans le modèle, le niveau d'investissement en R&D est mesuré en termes de quantité de travail employée dans le secteur de la R&D ($L_I = g/W$). D'après la proposition 1, nous savons que la mise en place d'une politique de soutien à la R&D va augmenter le taux de croissance ($\uparrow g$) et réduire la concentration spatiale des activités industrielles ($\downarrow s_n \Rightarrow \downarrow W$). Par conséquent, la politique de soutien à la R&D induit une forte hausse de l'investissement en R&D puisqu'elle augmente le numérateur et réduit le dénominateur de L_I . Elle permet ainsi de corriger la défaillance liée aux externalités de connaissances.

Concernant la défaillance liée au choix de localisation, nous ne pouvons savoir si la politique corrige ou accentue cette défaillance car nous ne connaissons pas la localisation optimale. Nous savons seulement que la politique réduit la concentration spatiale du secteur industriel par rapport à son niveau de l'équilibre décentralisé. Par conséquent, si la concentration spatiale optimale est inférieure à la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé alors la politique peut permettre de corriger la défaillance liée à la localisation. A l'inverse, si la concentration optimale est supérieure à celle de l'équilibre décentralisé alors la politique renforce l'effet de la défaillance liée à la localisation.

Pour résumer, si la politique permet de corriger la défaillance liée aux externalités de connaissances, elle ne permet pas de corriger la distorsion liée au pouvoir de marché des firmes industrielles. Par ailleurs, nous ne pouvons pas connaître son impact sur la défaillance liée à la localisation. Le financement de la politique ayant un coût pour les consommateurs, il est nécessaire de mener une analyse de bien-être afin de déterminer les cas où une telle politique est souhaitable.

2.5 Analyse de bien-être

2.5.1 Mesure et critères de bien-être

Nous mesurons le niveau de bien-être des consommateurs par leur niveau d'utilité indirecte. Appelons V_i et V_j l'utilité indirecte d'un consommateur représentatif habitant le pays i et j respectivement. En utilisant les expressions (2.1), (2.4), (2.5) et (2.6), nous pouvons exprimer l'utilité indirecte des consommateurs comme :

$$V_i = \frac{1}{\rho} \log \left[CE_i (s_n(1 - \phi) + \phi)^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} e^{\frac{\alpha g}{\rho(\sigma-1)}} \right] \quad (2.41)$$

$$V_j = \frac{1}{\rho} \log \left[CE_j (1 - s_n(1 - \phi))^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} e^{\frac{\alpha g}{\rho(\sigma-1)}} \right] \quad (2.42)$$

avec

$$C = \alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha} N_w(0)^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} \left(\frac{\sigma - 1}{\beta \sigma} \right)^\alpha$$

Pour mener notre analyse de bien-être, nous nous inspirons de l'analyse de Charlot et al. (2006) qui compare l'équilibre dispersée et l'équilibre concentré du modèle de Krugman (1991) en utilisant différents critères de bien-être. Nous

utilisons ici trois critères de bien-être pour discuter du niveau optimal de soutien à la R&D. Parmi ces trois critères, deux sont des critères classiques.

Le premier est celui de Bentham selon lequel la politique optimale du régulateur central consiste à fixer le taux de taxe qui maximise le bien-être global, c'est-à-dire :

$$\max_T [V_i(T) + V_j(T)]$$

Le second critère est celui de Rawls selon lequel la politique optimale du régulateur central consiste à fixer le taux de taxe qui maximise le bien-être du consommateur le plus "mal loti", c'est-à-dire :

$$\max_T \min [V_i(T), V_j(T)]$$

Si ces deux critères proposent des visions assez différentes de la notion d'optimum, ils ne prennent en compte qu'un aspect spécifique du bien-être. En effet, le critère de Bentham ne tient compte que du bien-être agrégé alors que le critère de Rawls ne tient compte que du bien-être de chaque pays et plus spécifiquement de celui qui est le plus mal loti. C'est pourquoi, nous utilisons un troisième critère qui prend en compte à la fois le bien-être de chaque pays et le bien-être global. Ce troisième critère que nous appellerons critère d'acceptation définit la politique optimale comme le taux de taxe qui maximise le bien-être global et qui assure un niveau de bien-être (à chaque pays) au moins aussi élevé que celui de l'équilibre décentralisé. Selon ce critère, le problème du régulateur central est formalisé de la façon suivante :

$$\begin{aligned} & \max_T [V_i(T) + V_j(T)] \\ \text{s.c } & V_i(T) \geq V_i(0) \quad (1) \\ & V_j(T) \geq V_j(0) \quad (2) \end{aligned}$$

2.5.2 Effets de la politique de soutien à la R&D sur le bien-être

Dans cette section, nous présentons les différents effets de la politique de soutien à la R&D sur le bien-être de chaque pays. Pour cela nous étudions la dérivée des expressions (3.41) et (3.42) par rapport à T :

$$\frac{dV_i}{dT} = \underbrace{\frac{\alpha}{\rho(\sigma-1)} \frac{(1-\phi)}{(s_n(1-\phi)+\phi)} \frac{ds_n}{dT}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{1}{\rho} \frac{d \log E_i}{dT}}_{\ominus} + \underbrace{\frac{\alpha}{\rho^2(\sigma-1)} \frac{dg}{dT}}_{\oplus} \quad (2.43)$$

$$\frac{dV_j}{dT} = \underbrace{-\frac{\alpha}{\rho(\sigma-1)} \frac{(1-\phi)}{(1-s_n(1-\phi))} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet coût de transport}} \underbrace{+ \frac{1}{\rho} \frac{d \log E_j}{dT}}_{\text{effet richesse}} + \underbrace{\frac{\alpha}{\rho^2(\sigma-1)} \frac{dg}{dT}}_{\text{effet croissance}} \quad (2.44)$$

\oplus
 \ominus
 \oplus

Le premier terme des expressions (2.43) et (2.44) renvoie à l'effet de la politique sur le bien-être via son effet sur les indices de prix CES. D'après la proposition 1, nous savons qu'une hausse du taux de taxe va réduire la concentration spatiale des activités industrielles. Ce mouvement de firmes va affecter l'indice de prix CES de chaque pays puisque les consommateurs du pays j vont économiser les coûts de transports sur des biens qui seront maintenant produits dans leur pays. Bien évidemment, le processus inverse se produit pour les consommateurs du pays i . Ainsi, l'effet coût de transport est positif pour les consommateurs du pays j et négatif pour ceux du pays i . On peut montrer que l'effet positif pour le pays j est supérieur en valeur absolue à l'effet négatif pour le pays i si bien qu'au niveau global, l'effet coût transport est positif. Ceci est lié au fait qu'une baisse de la concentration spatiale réduit davantage l'indice de prix du pays j qu'elle n'augmente celui du pays i où la majorité des biens différenciés sont produits.

Le second terme des expressions (2.43) et (2.44) renvoie à l'effet de la politique sur le bien-être via son impact sur le revenu nominal. Lorsque le régulateur central augmente le taux de taxe pour augmenter le soutien à la R&D, cela réduit le profit des firmes industrielles et la valeur du capital détenu par les consommateurs. Il s'ensuit un effet négatif sur le revenu nominal. L'effet revenu est donc négatif pour le bien-être dans les deux pays. Notons cependant que cet effet revenu sera plus négatif pour les consommateurs du pays i qui détiennent davantage de capital.

Le troisième terme des expressions (2.43) et (2.44) renvoie à l'effet de la politique sur le bien-être via son impact sur le taux de croissance. D'après la proposition 1, une augmentation du taux de subvention de la R&D va permettre d'augmenter le taux de croissance en réduisant le coût privé de la R&D. Ce surplus de croissance va se traduire par une augmentation du nombre de variétés produites à chaque période. Les indices de prix CES dans chaque pays (2.33) et (2.34) sont décroissants avec le nombre de variétés disponibles dans l'économie. Ainsi la dynamique plus soutenue de l'économie induite par la politique va permettre d'augmenter le revenu réel des consommateurs en réduisant les indices de prix CES.

La politique de soutien à la R&D affecte le bien-être des consommateurs via trois canaux. Le premier, l'effet coût de transport, augmente le bien-être des consommateurs du pays j alors qu'il réduit celui des consommateurs du

pays i . Le second, l'effet revenu, réduit le bien-être des consommateurs dans les deux pays alors que le dernier, l'effet croissance, augmente le bien-être des consommateurs dans les deux pays. Par conséquent, la politique exerce des effets opposés sur le bien-être de chaque pays et aura toujours un effet plus positif (ou moins négatif) sur les consommateurs du pays j que sur les consommateurs du pays i alors que ces derniers sont les principaux financeurs de la politique.

Etant donnée la complexité des expressions d'équilibre du modèle, nous ne pouvons pas proposer d'expression analytique des politiques optimales⁷. Nous avons donc du recourir à des simulations numériques pour étudier le niveau optimal de soutien à la R&D.

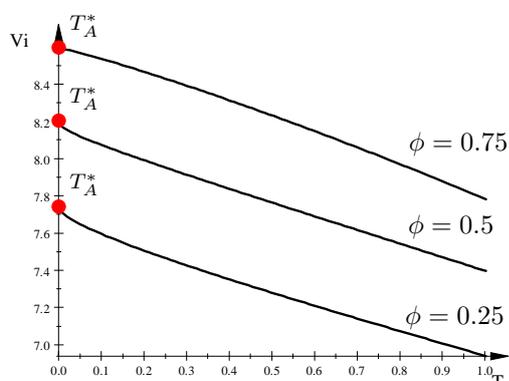
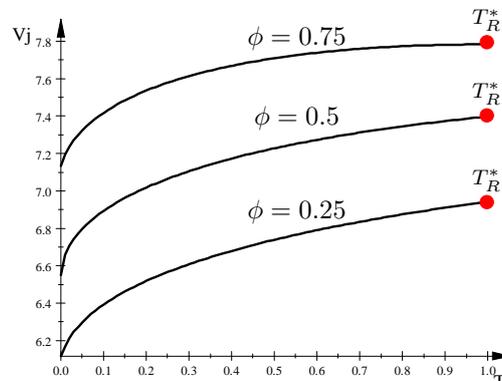
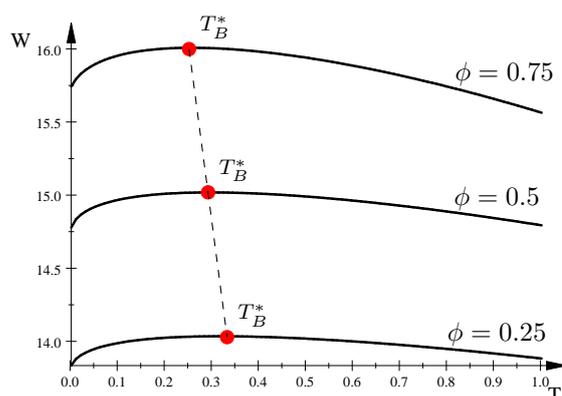
2.5.3 Politiques optimales et diffusion spatiale des externalités de connaissances

Dans cette sous-section, nous discutons du niveau optimal de la politique selon les différents critères de bien-être et le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances entre les deux pays (γ). Les valeurs retenues des paramètres pour les simulations sont basées sur celles utilisées par Martin et Ottaviano (1996) : $\alpha = 0.5, \beta = 1, \sigma = 3, N = 1000, \rho = 0.1, \phi = 0.6, L = 0.4, s_A = 0.7$.

Cas où les externalités de connaissances sont fortement localisées

Ici, nous analysons l'effet de la politique de soutien à la R&D dans le cas où les externalités de connaissances sont fortement localisées ($\gamma = 0.1$). Les figures ci-dessous représentent l'évolution du bien-être de chaque pays et celle du bien-être global selon le niveau du taux de taxe et le niveau d'intégration commerciale entre les deux pays (ϕ). La politique optimale selon le critère de bien-être retenu est représentée sur ces figures par le point T_x^* où x est l'abréviation du critère de bien-être considéré (B pour Bentham, R pour Rawls et A pour le critère d'acceptation).

⁷Nous parlons de plusieurs politiques optimales car la politique optimale dépend du critère de bien-être considéré.

Graphique 2a : Evolution du bien-être dans le pays i Graphique 2b : Evolution du bien-être dans le pays j 

Graphique 2c : Evolution du bien-être global

Les figures 2a et 2b montrent que la politique de soutien à la R&D a un effet positif sur le bien-être du pays j mais un effet négatif sur le bien-être du pays i lorsque les externalités de connaissances sont fortement localisées. D'ailleurs cet effet antagoniste semble robuste à de fortes variations du niveau d'intégration commerciale entre les deux pays. Selon le critère de Rawls, la politique optimale est défini par $T_R^* = 1$ puisque le bien-être dans le pays j est croissant avec le taux de taxe sur l'intervalle $[0, 1]$. A l'inverse, la politique optimale selon le critère d'acceptation est défini par $T_A^* = 0$ puisque le bien-être du pays i est décroissant avec le taux de taxe sur l'intervalle $[0, 1]$. Ainsi selon le critère de Rawls, le régulateur devrait taxer l'ensemble des profits du secteur industriel pour soutenir la R&D alors que selon le critère d'acceptation, le régulateur ne devrait pas mettre en place de politique.

Deux éléments expliquent l'effet antagoniste de la politique sur le bien-être de chaque pays. Le premier est que l'effet coût de transport est positif pour les consommateurs du pays j alors qu'il est négatif pour les consommateurs du pays i . Le second est que l'effet pro-croissance de la politique est croissant avec le niveau de diffusion spatiale des connaissances, c'est-à-dire avec le paramètre γ . Rappelons que la politique réduit la concentration spatiale du secteur industriel donc la productivité de la R&D ce qui limite son effet positif sur la croissance. Par ailleurs, on peut remarquer que plus les externalités de connaissances sont localisées (γ faible) plus le coût (en termes de perte de croissance) des délocalisations du secteur industriel vers le pays i est important⁸. Par conséquent, lorsque les externalités de connaissances sont fortement localisées, l'effet positif de la politique sur le bien-être des consommateurs du pays i (effet croissance) ne permet pas de compenser ses effets négatifs (effet coût de transport et effet revenu).

Concernant la politique optimale au sens de Bentham, la figure 2c montre qu'elle correspond à une solution intérieure contrairement aux solutions proposées par les deux autres critères. On peut remarquer que la politique optimale au sens de Bentham décroît avec le niveau d'intégration commerciale entre les deux pays. Ce résultat est lié au fait que plus le niveau d'intégration commerciale est élevé plus la politique réduit la concentration spatiale du secteur industriel dans le pays i (voir la preuve en annexe 5). Le coût (en termes de perte de croissance) de la politique étant plus fort lorsque les externalités de connaissances sont fortement localisées, le taux de taxe optimal au sens de Bentham décroît avec le niveau d'intégration commerciale.

Cas où les externalités de connaissances sont moins localisées

Dans cette sous-section, nous analysons l'évolution des politiques optimales selon le niveau d'intégration commerciale lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre les deux pays est plus forte que dans le cas précédent. Puisque l'effet négatif de la politique sur la productivité de la R&D diminue avec le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances, l'impact de la politique sur la croissance (et par extension sur le bien-être) devrait être plus important. Les simulations réalisées pour $\gamma = 0.5$ et $\gamma = 0.9$ confirment clairement cette intuition puisqu'elles font apparaître une convergence des politiques optimales vers une même valeur au fur et à mesure que la diffusion spatiale des externalités augmente. Ce résultat est important puisqu'il

⁸On peut aisément remarquer que $dW/ds_n = 1 - \gamma$ si bien que plus γ est faible plus l'effet négatif d'une baisse de la concentration spatiale (s_n) sur W est important.

signifie que lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances est forte, les différents critères de bien-être choisis conduisent à la définition d'une même politique optimale. Pour simplifier la lecture de nos résultats, le tableau ci-dessous compile les résultats de nos simulations et présente les politiques optimales selon le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances et le critère de bien-être retenu. Les graphiques des simulations réalisées sont présentés en annexe 6.

Critère de bien-être	$\gamma = 0.1$	$\gamma = 0.5$	$\gamma = 0.9$
Bentham	$T^* = f(\phi) \in]0, 1[$	$T^* = 1$	$T^* = 1$
Rawls	$T^* = 1$	$T^* = 1$	$T^* = 1$
Acceptation	$T^* = 0$	$T^* = 0$	$T^* = 1$

Tableau 1 : Politiques optimales selon le niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances(γ)

Rappelons que le régulateur ne peut pas taxer le profit des firmes industrielles à plus de 100% et que nous bornons l'intervalle de taux de taxe entre 0 et 1 ($T \in [0, 1]$). Par conséquent, lorsque la politique optimale correspond à une des bornes de cet intervalle ($T^* = 0$ ou $T^* = 1$), elle représente une solution en coin qui n'est pas optimale d'un point de vue strictement mathématique.

Le tableau 1 montre que l'effet antagoniste de la politique sur le bien-être de chaque pays est toujours présent lorsque $\gamma = 0.5$. Le graphique 3a présenté en annexe 6 montre d'ailleurs que ce résultat n'est pas sensible à de fortes variations du niveau d'intégration commerciale entre les deux pays. Par conséquent, même à ce niveau de diffusion spatiale des externalités de connaissances, la politique crée un conflit d'intérêt entre les deux pays puisque le pays qui finance majoritairement la politique voit son bien-être diminuer (et inversement pour l'autre pays). Ainsi, la politique optimale au sens du critère d'acceptation est définie par $T_A^* = 0$ lorsque $\gamma = 0.5$. Si les effets antagonistes de la politique sur le bien-être de chaque pays restent présents lorsque $\gamma = 0.5$, le bien-être global devient croissant avec le taux de taxe sur l'intervalle $[0, 1]$. Ainsi, il y a une convergence entre la politique optimale au sens de Bentham et la politique optimale au sens de Rawls qui sont définies par $T_R^* = T_B^* = 1$.

Lorsque l'on suppose une diffusion spatiale quasi-parfaite des externalités de connaissances ($\gamma = 0.9$), on remarque que les effets opposés de la politique sur le bien-être de chaque pays disparaissent puisque les deux pays voient leur bien-être augmenter sur l'intervalle $[0, 1]$. Ces résultats étant robustes à de fortes variations du niveau d'intégration commerciale entre les deux pays. Dans ce cas,

l'ensemble des critères de bien-être aboutissent à la définition d'une politique optimale unique telle que $T_R^* = T_B^* = T_A^* = 1$ ⁹. Cette convergence des politiques optimales vers le niveau de taxation maximum est liée au fait que lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances est très importante, la géographie économique joue un rôle beaucoup plus faible sur le bien-être. En effet, l'impact négatif de la politique sur la productivité de la R&D est réduit et son effet positif sur la croissance est plus important.

Notre analyse de bien-être met en avant le rôle prépondérant de la diffusion spatiale des externalités de connaissances sur les bienfaits d'une politique centralisée de soutien à la R&D. Pour que sa mise en place induise un jeu à somme positive, c'est-à-dire qu'elle permette d'augmenter le bien-être dans les deux pays, il semble nécessaire que les flux de connaissances entre pays soient très importants.

Dans le contexte d'une fédération économique, on peut imaginer que les décisions de politique centralisée soient davantage basées sur le critère d'acceptation que sur les critères de Rawls ou de Bentham. Au vu de nos résultats, deux principales remarques peuvent être faites. La première est que l'hypothèse d'une diffusion spatiale très importante des externalités de connaissances apparaît relativement peu probable. En effet, les études empiriques montrent que les externalités de connaissances sont bornées géographiquement et diminuent avec la distance. D'après nos résultats, dans un contexte de diffusion limitée des externalités de connaissances, la mise en place d'une politique centralisée de soutien à la R&D conduirait certes à un effet global positif mais aurait des effets antagonistes sur le bien-être de chaque pays. Cela nous amène à notre seconde remarque. Nos résultats montrent qu'une politique centralisée de soutien à la R&D peut être un jeu à somme positive si la diffusion spatiale des externalités de connaissances est importante entre pays. Ainsi, pour augmenter l'efficacité de ce type de politique, il apparaît nécessaire de développer en amont les flux de connaissances entre pays. Dans cet objectif, les politiques publiques visant à développer les infrastructures de communication et le capital humain permettrait de renforcer et de faciliter les flux de connaissances internationaux.

⁹Précisons que cette politique n'est pas optimale au sens mathématique. Elle correspond à une solution en coin puisque nous supposons que l'Etat ne peut pas taxer le profit des firmes à plus de 100%

2.6 Analyse de politiques différenciées géographiquement

Dans les sections précédentes, nous avons analysé l'impact d'une politique centralisée de soutien à la R&D non différenciée. Cela signifie que nous avons supposé que le régulateur fixait un taux de taxe et un taux de subvention identiques dans les deux pays. Dans cette section, nous discutons les effets de politiques différenciées et leur capacité à corriger les défaillances de l'équilibre décentralisé par rapport à une politique non différenciée.

2.6.1 Différenciation sur l'allocation des aides à la R&D

Nous considérons ici une politique de soutien à la R&D différenciée sur l'allocation des subventions. Ainsi, la différenciation ne porte pas sur le financement de la politique qui reste basée sur une taxation identique des profits des firmes industrielles dans les deux pays mais sur le taux de subvention de la R&D. Plus précisément, nous supposons que le régulateur fixe un taux de subvention différents dans les deux pays tel que $S_i < S_j$ ¹⁰. On peut envisager ce choix concernant l'allocation des aides à la R&D dans le cadre d'une politique d'aménagement du territoire visant à réduire la concentration spatiale des activités de R&D. Dans la suite de cette section, nous supposerons que le régulateur ne subventionne que les activités de R&D menée dans le pays j , c'est-à-dire que $S_i = 0$.

Etant donné que la politique étudiée dans cette section est financée de manière identique à une politique non différenciée, elle n'affecte pas directement l'équilibre de localisation du secteur industriel (par rapport à une politique de subvention non différenciée). En revanche, les recettes ne sont allouées qu'aux entreprises de la R&D réalisant leurs activités dans le pays j . La politique va donc impacter le coût marginal de production d'une unité de capital dans le pays j qui sera donné par $F_I^j = (1 - S_j)/A_w W_j$ avec $W_j \equiv [\gamma s_n + (1 - s_n)]$ et S_j qui représente le taux de subvention de la R&D. Le coût de production dans le pays i reste défini par $F_I^i = 1/A_w W_i$ avec $W_i \equiv [s_n + \gamma(1 - s_n)]$. En supposant que le secteur public fixe un montant maximal pour subventionner la R&D dans

¹⁰Nous supposons que $S_i < S_j$ car l'inverse n'aurait pas de sens. En effet, le pays i bénéficie d'une productivité de la R&D supérieure à celle du pays j puisque les entreprises de la R&D peuvent bénéficier de davantage d'externalités de connaissances (du fait d'une plus forte concentration industrielle dans ce pays). Par conséquent, si $S_i \geq S_j$, l'ensemble des activités de R&D est entrepris dans le pays i et on retrouve le modèle avec politique non différenciée.

le pays j noté $G_{S_j} = L_I^j S_j$, les activités de R&D vont alors se répartir entre les deux pays jusqu'à ce que $F_I^i = F_I^j$, c'est-à-dire que le coût de production d'une unité de capital soit équivalent dans les deux pays.

Rappelons qu'à l'équilibre décentralisé, toutes les activités de R&D sont localisées dans le pays i car la productivité y est plus élevée du fait de la concentration du secteur industriel dans ce pays. En réduisant la concentration spatiale du secteur de la R&D dans le pays i , la politique différenciée réduit la productivité moyenne de la R&D¹¹. En effet, si toutes les activités de R&D sont localisées dans le pays i la productivité moyenne de la R&D est donnée par $\bar{F} = (A_w W_i)^{-1}$. Comme la politique incite une partie des activités de R&D à se développer dans le pays j , la productivité moyenne de la R&D est donnée par $\tilde{F} = A_w^{-1} [\mu W_i + (1 - \mu) W_j]^{-1}$ où $\mu = L_I^i / L_I$ représente la part des chercheurs localisé dans le pays i . Dès lors que $s_n > 1/2$ à l'équilibre, on a $W_i > W_j$ si bien que $\tilde{F} > \bar{F}$. Une productivité moyenne de la R&D plus faible signifie qu'avec le même stock d'inputs, moins de brevets peuvent être produits. Nous pouvons donc conclure qu'une politique de soutien à la R&D où $S_i = 0$ et $S_j > 0$ réduit le taux de croissance par rapport à l'équilibre décentralisé dès lors que $s_n > 1/2$.

Cette politique de soutien aux activités de R&D dans le pays j va également influencer l'inégalité de revenu. D'un côté, en taxant le profit des firmes industrielles dans les deux pays, cette politique va réduire la valeur des unités de capital et l'inégalité de revenu entre les consommateurs des deux pays. D'un autre côté, en réduisant la productivité moyenne de la R&D, la politique va réduire le taux de croissance et par conséquent la concurrence dans le secteur industriel, ce qui va augmenter le profit individuel des firmes. Il en découle une augmentation de la valeur du capital et une augmentation de l'inégalité de revenu. Ainsi, la politique envisagée exerce des effets opposés sur l'inégalité de revenu. En fait, ces effets se compensent exactement c'est-à-dire que la politique ne modifie pas l'inégalité de revenu par rapport à l'équilibre décentralisé. Rappelons en effet que la politique envisagée comble l'écart de productivité de la R&D existant entre les deux pays mais ne modifie pas le coût marginal de production "international" du capital qui reste égal à $F_I = F_I^i = F_I^j$. A l'équilibre, la valeur du capital est égale à son coût de production c'est-à-dire que la politique ne va pas modifier la valeur du capital et, par conséquent, l'inégalité de revenu (qui est liée à une dotation initiale inégale en capital). L'équilibre de localisation du secteur industriel étant directement dépendant de l'inégalité de revenu, la politique ne pourra influencer la géographie du secteur industriel qui est tel que $s_n > 1/2$.

¹¹La productivité moyenne de la R&D est mesurée par la moyenne pondérée du besoin marginal en travail pour produire une unité de capital dans le pays i et dans le pays j .

Pour résumer, le soutien exclusif aux activités de R&D menée dans le pays à faible revenu n'aura pas d'impact sur la localisation du secteur industriel et l'inégalité de revenu entre pays. En revanche, cette politique va affecter l'équilibre de localisation du secteur de la R&D en incitant une partie des activités de R&D à être entreprise dans le pays à faible revenu. Cette modification de la géographie des activités innovantes va donc se traduire par une réduction de la productivité moyenne du secteur et du taux de croissance d'équilibre.

Une telle politique ne semble pas en mesure de corriger les défaillances de l'équilibre décentralisé. D'une part, en ne modifiant pas la géographie du secteur industriel ni le pouvoir de marché des firmes, elle ne corrige pas les défaillances liées au choix de localisation et au pouvoir de marché des firmes. D'autre part, elle ne corrige pas non plus la défaillance liée à la présence d'externalités de connaissances. En effet, la politique ne modifie pas le niveau d'investissement en R&D car elle ne modifie pas le coût marginal de production du capital au niveau international. En conséquence, une politique de soutien à la R&D exclusivement en direction du pays à faible revenu est moins efficace qu'une politique non différenciée qui va au moins permettre de corriger la défaillance liée à la présence d'externalités de connaissances. La raison est simplement que la politique envisagée dans cette section ne fait qu'éliminer artificiellement l'écart de productivité existant entre les deux pays dans le secteur de la R&D. En résumé, la politique influence les décisions de localisation des activités de R&D mais n'influence pas les décisions concernant le montant d'investissement en R&D.

Qu'en est-il lorsque l'on suppose que $S_i > 0$?, c'est-à-dire qu'une partie des recettes du régulateur central sert à réduire le coût de la R&D dans le pays i .

Dans ce cas, le modèle devient trop complexe pour être résolu analytiquement mais les mêmes mécanismes que ceux mis en avant précédemment sont à l'oeuvre. Dès lors qu'une partie des recettes est utilisée pour réduire le coût des activités de R&D entreprises dans le pays j , une partie de la R&D va être menée dans ce pays pour bénéficier de ces subventions. Contrairement au cas précédent où la politique n'influait pas l'équilibre de localisation et l'inégalité de revenu, le fait de réduire le coût de la R&D dans le pays i va changer la donne. En fait, l'influence d'une politique différenciée telle que $S_j > S_i > 0$ sur l'état d'équilibre et les défaillances de marché va être un mix des effets d'une politique de soutien non différenciée et d'une politique de soutien différenciée telle que $S_i = 0$ et $S_j > 0$.

Dès lors que les fonds ne sont pas entièrement alloués au pays j , la politique va permettre de réduire le coût international de la R&D. Cela va augmenter l'incitation à mener des activités de R&D et *in fine* pousser le taux de croissance

à la hausse. Mais parallèlement, le fait qu'une partie des activités de R&D soit menée dans le pays j où la productivité du secteur est plus faible va se traduire par une baisse à la fois de la productivité moyenne de la R&D et du taux de croissance d'équilibre. Ainsi, l'impact de la politique sur la croissance va dépendre de la force relative de ces deux effets, c'est-à-dire de la part des fonds alloués au pays j . Il en est de même pour les autres variables endogènes du modèle dans le sens où l'effet de la politique sur l'inégalité de revenu va dépendre de l'effet de la politique sur la croissance d'une part et de son effet sur la valeur du capital d'autre part. Nous pouvons donc conclure qu'une politique de soutien à la R&D différenciée sur l'allocation des subventions telle que $S_j > S_i > 0$ est plus efficace qu'une politique différenciée telle que $S_j > S_i = 0$ mais reste moins efficace qu'une politique non différenciée telle que $S_i = S_j > 0$.

2.6.2 Différenciation sur le financement de la politique

Nous considérons ici une politique de soutien à la R&D différenciée sur le financement. Cela signifie que la différenciation ne porte pas sur l'allocation des aides publiques à la R&D entre les deux pays mais sur le taux de taxe appliqué au profit des firmes industrielles. Ainsi, un taux de taxe T_i (T_j) est appliqué au profit des firmes industrielles localisées dans le pays i (j) avec $T_i \neq T_j$. Pour comprendre l'impact de cette politique différenciée, nous supposons dans un premier temps que le régulateur n'impose que le profit des firmes industrielles localisées dans le pays j , c'est-à-dire que $T_i = 0$ et $T_j > 0$.

Comme la politique différencie le niveau de taxe sur les firmes industrielles, elle va directement affecter l'équilibre de localisation du secteur industriel qui ne sera plus donné par (2.18) mais par :

$$s_n = \frac{s_e(1 - \phi^2) - \phi(T^* - \phi)}{(1 - \phi)(T^* - \phi) - s_e(T^* - 1)(1 - \phi^2)}$$

avec $T^* = (1 - T_j)/(1 - T_i)$ donc $T^* = 1 - T_j$ lorsque $T_i = 0$. Ainsi, lorsque le régulateur central augmente le taux d'imposition sur le profit des firmes industrielles localisées dans le pays j , cela incite une partie des firmes à se délocaliser vers le pays i .

Puisque le taux de subvention de la R&D est identique dans chaque pays, toutes les activités de R&D vont se localiser dans le pays i qui dispose d'une plus forte productivité. En réduisant le coût de la R&D, la politique va augmenter les incitations à mener ce type d'activités si bien que l'investissement en

R&D va augmenter et dynamiser la croissance. L'impact de la politique sur la productivité de la R&D est ambiguë puisque le choix de localisation des firmes industrielles dépend à la fois de l'inégalité de revenu et du niveau de taxe. D'un côté les firmes industrielles sont incitées à se localiser dans le pays i où les profits ne sont pas taxés mais d'un autre côté, en réduisant le coût de production des brevets, la politique réduit la valeur des unités de capital et l'inégalité de revenu ce qui limite l'attractivité du pays i . Cette politique réduit donc l'incitation des firmes du secteur industriel à se localiser dans le pays j par rapport à une politique non différenciée (où la taxation est identique dans les deux pays). Cette plus faible incitation implique un niveau de concentration spatiale plus élevé et va se traduire par un impact négatif plus limité sur la productivité de la R&D par rapport à une politique non différenciée. Ainsi, l'effet positif sur le taux de croissance d'une politique différenciée sur le financement telle que $T_i = 0$ et $T_j > 0$ devrait être plus fort que celui d'une politique non différenciée.

La politique affecte également l'inégalité de revenu entre les deux pays qui n'est plus donnée par (2.32) mais par :

$$s_e = \frac{1}{2} + \frac{\alpha\rho(1 - T_j)(2s_A - 1)}{2\sigma(1 - T_j s_n)(g + \rho)}$$

On peut facilement montrer que $\partial s_e / \partial T_j < 0$ et que $\partial^2 s_e / \partial T_j^2 < 0$ si bien que plus le taux de taxe augmente dans le pays j , plus la politique réduit l'inégalité de revenu entre les deux pays. Bien évidemment, comme dans le cas où la politique n'est pas différenciée, l'augmentation du taux de subvention (permise par l'augmentation du taux de taxe) réduit la valeur des unités de capital ce qui se traduit par une réduction de l'inégalité de revenu. Mais l'impact croissant de la politique différenciée sur la baisse de l'inégalité de revenu n'est pas directement lié à cet effet. Il est lié à l'effet indirect de la politique sur l'inégalité de revenu via son effet sur le taux de croissance. En effet, comme nous l'avons mentionné plus haut, la localisation d'équilibre dépend à la fois de l'inégalité de revenu ($\partial s_n / \partial s_e < 0$) mais aussi du taux de taxe T_j ($\partial s_n / \partial T_j > 0$). Cela signifie que la politique différenciée a un impact plus limité sur la baisse de la concentration spatiale qu'une politique non différenciée. Il suit que l'impact négatif de la politique sur la productivité de la R&D est moins important et que son impact positif sur la croissance est plus important. Ainsi plus T_j augmente plus la croissance augmente et plus la politique réduit l'inégalité de revenu.

Pour résumer, la mise en place d'une politique de soutien à la R&D différenciée sur le financement, et telle que $T_i = 0$ et $T_j > 0$, va avoir un impact ambiguë sur la localisation du secteur industriel mais se traduira par une hausse du taux de croissance et une réduction de l'inégalité de revenu. Par rapport à

une politique non différenciée, cette politique va davantage augmenter le taux de croissance et réduire l'inégalité de revenu. En revanche, elle conduira à une baisse moins marquée de la concentration spatiale du secteur industriel dans le pays i . Ainsi, la productivité moyenne de la R&D est supérieure au cas où la politique serait non différenciée.

Comme c'est le cas d'une politique non différenciée, cette politique n'est pas en mesure de corriger la distorsion liée au pouvoir de marché des firmes mais peut corriger la défaillance liée à la présence d'externalités de connaissances car elle permet d'augmenter l'investissement en R&D d'équilibre en réduisant le coût privé de ces activités. La différence la plus significative de cette politique par rapport à une politique non différenciée réside cependant dans son effet sur la concentration spatiale. En effet, la politique peut conduire à une hausse de la concentration spatiale dans le pays i et renforcer la productivité de la R&D alors qu'une politique non différenciée conduit toujours à une baisse de la concentration spatiale. Ainsi, cette option concernant le financement de la politique centralisée semble laisser davantage de marge de manoeuvre au régulateur central pour influencer la localisation d'équilibre et ainsi se rapprocher de la localisation optimale notamment si la concentration optimale du secteur industriel dans le pays i est supérieure à celle de l'équilibre décentralisé.

Qu'en est-il lorsque l'on suppose que $T_i > 0$ et $T_j > 0$?, c'est-à-dire que la politique est financée par une taxation positive et différenciée des profits des firmes industrielles.

Dans ce cas, la politique augmente toujours le taux de croissance d'équilibre et réduit toujours les inégalités de revenu. En revanche, son impact sur la localisation du secteur industriel et du secteur de la R&D est encore plus complexe que dans le cas où $T_i = 0$. En effet, si $T_i \gg T_j$ par exemple, alors l'effet conjugué de la baisse de l'inégalité de revenu et de l'incitation des firmes industrielles à se localiser dans le pays où l'imposition est la plus faible peut conduire le secteur industriel à se concentrer majoritairement dans le pays j . Dès lors, la productivité des activités de R&D devient supérieure dans le pays j et l'ensemble des activités de R&D seront entreprises dans ce pays. Dans ce cas, la politique différenciée va ainsi davantage réduire la concentration spatiale du secteur industriel dans le pays i qu'une politique non différenciée.

Si $T_i > T_j$ alors la baisse de la concentration spatiale induite par la politique sera plus forte que dans le cas d'une politique non différenciée. A l'inverse, si $T_i < T_j$ alors la baisse de la concentration spatiale induite par la politique sera plus faible que dans le cas d'une politique non différenciée. Cela met en évidence la

plus grande efficacité potentielle de ce type de politique différenciée par rapport à une politique non différenciée. En effet, tout en conservant une capacité à augmenter le taux de croissance et à réduire l'inégalité de revenu, cette option permet au régulateur d'influencer l'impact de la politique sur la géographie du secteur industriel ce qui n'est pas le cas d'une politique non différenciée. Il laisse donc plus de possibilités au régulateur pour corriger la défaillance liée au choix de localisation tout en permettant de corriger la défaillance liée à la présence d'externalités de connaissances.

2.7 Conclusion

Face à la mobilisation croissante des fonds européens pour la recherche et l'innovation, ce chapitre apporte une contribution théorique à l'analyse des effets d'une politique centralisée de soutien à la R&D dans une économie composée de deux pays hétérogènes. Pour cela, nous avons développé un modèle NEGG à la Martin et Ottaviano (1999) qui réalise une synthèse entre les modèles de la Nouvelle Economie Géographique et ceux des Nouvelles Théories de la Croissance. Ce cadre théorique permet notamment d'analyser les effets d'une politique publique sur la croissance, les inégalités de revenu et la géographie économique. Cependant, jusqu'à présent les analyses de politiques publiques fournies par la littérature NEGG se limitaient à étudier l'impact d'une baisse exogène du coût de la R&D sur les variables endogènes du modèle. Ainsi, les analyses proposées par Martin (1999), Baldwin et al. (2003) ou Riou (2003) ne modélisent pas le financement et l'allocation des aides publiques qui pourraient conduire à une baisse du coût de la R&D.

Dans le modèle développé, nous considérons une politique endogène de soutien à la R&D mise en place par un régulateur central. Plus précisément, la politique est financée par une taxe sur le profit des firmes industrielles. Les aides à la R&D couvrent un pourcentage du coût de production des brevets (qui représente également le capital dans l'économie et la production du secteur de la R&D). Cette politique est d'abord supposée non différenciée, c'est-à-dire que le régulateur fixe un taux de taxe et un taux de subvention identiques dans les deux pays.

L'analyse des effets de la politique sur l'état d'équilibre montre qu'en réduisant le coût de la R&D, elle permet d'augmenter le taux de croissance économique, de réduire l'inégalité de revenu entre les deux pays et de réduire la concentration spatiale du secteur industriel dans le pays à haut revenu. Si ces

effets sur l'état d'équilibre sont identiques à ceux identifiés par Martin (1999), l'endogénéisation de la politique améliore la compréhension des mécanismes économiques à l'origine de ces résultats à bien des égards. D'une part, nous mettons en évidence de nouveaux mécanismes par lesquels la politique influence l'état d'équilibre. D'autre part, en modélisant le financement et l'allocation de la politique, nous pouvons mieux analyser l'impact d'une telle politique sur les défaillances de l'équilibre décentralisé. Ainsi, nous montrons que la politique envisagée ne peut corriger l'ensemble des défaillances et ne permet d'atteindre qu'un optimum de second rang (dans le meilleur des cas).

A la lumière de ces résultats, la mise en place d'une politique centralisée de soutien à la R&D semble opportune. Cependant, ces résultats ne permettent pas de juger réellement du bienfait de cette politique car, si elle a des effets positifs sur le bien-être des consommateurs en dopant la croissance, elle a également des effets négatifs car elle réduit le revenu nominal et la productivité de la R&D. Pour discuter des conditions sous lesquelles la politique est en mesure d'améliorer le bien-être, nous avons réalisé une analyse de bien-être en utilisant différents critères d'optimalité. Nos résultats basés sur des simulations montrent que la diffusion spatiale des externalités de connaissances joue un rôle primordial sur l'efficacité de la politique. En effet, dès lors que la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre les deux pays n'est pas assez forte, la politique a des effets opposés sur le bien-être de chaque pays même si elle permet d'augmenter le bien-être global. Plus précisément, le pays à haut revenu voit son bien-être diminuer alors que le pays à faible revenu voit le sien augmenter. Dans ce cas, la politique permet certes d'améliorer la situation générale mais aux dépens d'une partie des consommateurs. En revanche, lorsque la diffusion spatiale des connaissances est importante entre les deux pays, la politique permet d'améliorer la situation des deux pays et les différents critères de bien-être définissent la même politique optimale. Ces résultats montrent que la mise en place d'une politique centralisée de soutien à la R&D dans une économie composée de deux pays asymétriques est positive pour ses deux membres si et seulement si les flux de connaissances entre ces pays sont assez importants. Cela contraste assez nettement avec la capacité de la politique à doper la croissance tout en réduisant les inégalités et montre l'utilité de ne pas s'arrêter à l'analyse de la politique sur l'état d'équilibre.

Finalement, la dernière partie de ce chapitre discute des effets de différentes politiques différenciées. Plus précisément, nous étudions la mise en place d'une politique où la différenciation porte sur le financement d'une part et sur l'allocation des aides publiques d'autre part. Il apparaît qu'une politique différenciée sur l'allocation des subventions, c'est-à-dire que le régulateur fixe un taux de

subvention à la R&D supérieur dans le pays à faible revenu, serait moins efficace qu'une politique non différenciée. En effet, cette politique va influencer la géographie de la R&D en incitant une partie des activités à se localiser dans le pays à faible revenu pour bénéficier des subventions. Les externalités de connaissances étant localisées et plus fortes dans le pays à haut revenu, cette nouvelle géographie de la R&D réduit la productivité moyenne du secteur par rapport au cas où la politique est non différenciée. En conséquence, une telle politique aura un effet plus limité sur la croissance et sur la réduction des inégalités. Ainsi, cette forme de différenciation n'apparaît pas souhaitable du point de vue de l'efficacité et des inégalités puisqu'elle revient à combler artificiellement un écart de productivité entre les deux pays ; les fonds publics servant (au moins partiellement) à combler cet écart au lieu de réduire le coût privé de la R&D.

A l'inverse une politique différenciée sur le financement, c'est-à-dire que les taux de taxe diffèrent entre pays, apparaît plus efficace qu'une politique non différenciée. En effet, en différenciant le niveau de taxation, le régulateur va pouvoir contrôler l'impact de la politique sur la géographie du secteur industriel et par conséquent sur la productivité de la R&D (les externalités de connaissances étant transmises de la production vers la recherche). Rappelons qu'une politique non différenciée réduit la concentration du secteur industriel dans le pays riche par rapport à celle de l'équilibre décentralisé. Or, il est possible que la concentration optimale soit supérieure à celle de l'équilibre décentralisé tout comme il est possible qu'elle soit inférieure à celle de l'équilibre avec politique non différenciée. Dès lors, l'avantage d'une politique différenciée sur le financement est de permettre, en utilisant un différentiel de taux de taxe ($T_i \neq T_j$) adapté, de réduire ou d'augmenter l'impact¹² de la politique sur la localisation du secteur industriel tout en dopant la croissance et en réduisant l'inégalité de revenu. Les effets positifs de cette politique sur la croissance et l'inégalité de revenu ne sont pas altérés car le taux de subvention de la R&D est le même dans les deux pays si bien qu'elle ne modifie pas la géographie de ce secteur. Cette forme de différenciation apparaît donc souhaitable du point de vue de l'efficacité et des inégalités car elle permet de mieux contrôler l'effet de la politique sur la géographie économique.

Les résultats de ce chapitre, au-delà d'améliorer la compréhension théorique des effets de politiques centralisées de soutien à la R&D, peuvent également fournir des éléments de discussion sur les politiques de R&D de l'Union Européenne (Politique régionale et Programme Cadre de Recherche et Développement Technologique notamment). En effet, il apparaît qu'une politique centralisée de soutien à la R&D non différenciée permet d'augmenter le bien-être du pays à haut

¹²Par rapport à une politique non différenciée.

revenu (qui est le principal financeur en valeur absolue) si et seulement si la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre pays est forte. Cette dernière hypothèse apparaît relativement peu vraisemblable au niveau de l'Union Européenne du fait de nombreuses barrières à la diffusion des connaissances (comme la langue, la distance ou encore la qualité des infrastructures de communication). Ce résultat peut donc constituer un argument théorique expliquant, en partie, la difficulté (et les réticences) à la mise en place de ce type de politiques centralisées au sein d'une zone composée de pays asymétriques.

L'analyse de politiques différenciées apporte également des informations sur les différentes options de financement et d'allocation géographique de ce type de politique. Une politique de soutien à la R&D différenciée sur le financement apparaît plus efficace qu'une politique non différenciée. En revanche, une politique différenciée sur l'allocation apparaît moins efficace qu'une politique non différenciée. Dans le cas de l'Europe, le budget est très largement financé par des prélèvements proportionnels sur chaque Etat membre. Ainsi, selon un document de la Commission Européenne, près de 85% du budget européen a été financé en 2009¹³ par une taxe de 0,73% sur le Revenu National Brut (RNB) de chaque état membre (65,5% du budget) ainsi qu'une taxe de 0,3% de la TVA perçue par chaque état membre (17% du budget). Ainsi, on peut estimer que le financement des politiques communautaires de soutien à la R&D n'est pas différenciée.

Concernant l'allocation des aides publiques européennes à la R&D, il faut distinguer le Programme Cadre de Recherche et Développement Technologique (PCRDT) de la Politique Régionale pour deux raisons. D'une part, le PCRDT est le principal instrument de soutien à la R&D communautaire depuis 1983 alors que la Politique régionale n'a pas été créée dans cet objectif mais pour réduire les inégalités entre régions européennes. Cependant, la nouvelle orientation donnée à la Politique régionale sur la période 2007-2013 est clairement axée sur le financement de projets innovants. D'autre part, l'allocation des fonds de ces deux programmes n'est pas du tout la même. Alors que les fonds du PCRDT sont alloués (dans le principe) sur la base de l'excellence scientifique des projets proposés, la majeure partie des fonds de la politique régionale (81,5%) est réservée pour les régions et pays les plus pauvres de l'Union. Ainsi, on peut estimer que l'allocation des fonds du PCRDT n'est pas différenciée (sur le principe) alors que celle de la Politique régionale est clairement différenciée en faveur des pays et régions pauvres.

¹³Voir le Rapport d'information déposé par la Commission des Affaires étrangères en 2009 pour plus d'informations : http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-info/i1474.asp#P228_42497

D'un point de vue théorique, on peut donc dire que le PCRDT est une politique centralisée de soutien à la R&D non différenciée et que la Politique régionale pourrait devenir une politique centralisée de soutien à la R&D différenciée sur l'allocation. Selon nos résultats théoriques, la première devrait donc être théoriquement plus efficace que la seconde tant en termes de gains de croissance que de réduction des inégalités. Cependant, aucune des deux n'utilise l'option la plus efficace, à savoir, une différenciation sur le financement.

Annexe 1 : Equivalence avec d'autres formes de soutien à la R&D

Dans cette annexe, nous montrons qu'une subvention proportionnelle au coût de la R&D est équivalente à une subvention proportionnelle à la production de brevets. Contrairement au modèle développé dans le chapitre, nous supposons ici que le soutien public à la R&D ne porte pas sur le coût de la R&D mais sur le prix de vente des brevets. Notons que ce changement d'hypothèse ne modifie pas les expressions concernant la consommation, la production, la localisation des firmes industrielles, le processus d'innovation et l'équilibre sur le marché du travail. Ainsi, les expressions (2.1) à (2.23) ne sont pas modifiées. Notons que nous modifions l'allocation du soutien à la R&D et non son financement. Par conséquent, les recettes du régulateur sont toujours égales à $RT = TIIA_w$. En revanche, l'allocation de ces recettes est modifiée puisque le soutien à la R&D consiste à proposer une subvention à la production de brevets. Dans ce cas, on peut exprimer le coût total de la politique publique comme :

$$\text{Dépenses totales} = \frac{S}{1+S}L_I$$

En utilisant l'expression des recettes fiscales, on peut exprimer la contrainte de budget équilibré comme :

$$S = T \left(\frac{\alpha LE_w W}{\sigma g - \alpha T LE_w W} \right)$$

Notons que cette forme de soutien à la R&D ne modifie pas le coût marginal de production d'un brevet qui est donné par (2.20) ni la condition d'arbitrage (2.27). En revanche, la condition de libre entrée dans le secteur de la R&D va modifier le prix de vente des brevets à l'équilibre. En effet, les firmes de la R&D ne vont plus vendre les brevets à leur coût marginal mais à :

$$v = \frac{F_I}{1+S} = \frac{1}{A_w W(1+S)}$$

Si l'on différencie cette dernière expression, on obtient $\dot{v}/v = g$. En insérant les expressions (2.19), (2.23), (2.28) et l'expression de v dans (2.27), on peut réécrire la condition de non arbitrage comme :

$$\frac{\alpha LE_w W(1+S)(1-T)}{\sigma} = \rho + g$$

En utilisant l'expression (2.22) et les deux expressions précédentes, nous pouvons déterminer le taux de croissance d'équilibre du modèle avec subvention à la production de brevets qui est donné par :

$$g = \frac{\Lambda + \sqrt{\Lambda^2 + 8\alpha\sigma\rho WLT}}{2\sigma}$$

$$\Lambda = \alpha[2WL - \rho T] - \rho(\sigma - \alpha)$$

$$W \equiv [s_n + \gamma(1 - s_n)]$$

Cette expression est exactement la même que celle obtenue dans le chapitre (2.30). Ainsi, nous venons de montrer l'équivalence entre les deux formes de soutien à la R&D.

Annexe 2 : Localisation d'équilibre du secteur industriel

Dans cette annexe, nous donnons l'expression de la localisation du secteur industriel à l'état d'équilibre. Cet équilibre satisfait la condition donnée par l'équation (2.36) :

$$s_n = \frac{1}{2} + \frac{\alpha\rho(1-T)(2s_A-1)}{\rho(\alpha+\sigma) + \sqrt{\Lambda^2 + 8WLT\alpha\sigma\rho} + \alpha(2WL - \rho T)} \left(\frac{1+\phi}{1-\phi} \right)$$

Cette équation peut se réécrire sous la forme $f(s_n) = as_n^3 + bs_n^2 + cs_n + d = 0$, avec :

$$a = -8L\alpha\sigma\rho(1-\gamma)(1-T)$$

$$b = -4L\alpha\rho(1-T) \frac{L\alpha(1+\phi)(1-\gamma)(1-2s_A) + \sigma(1-\phi) [\rho + 2L(2\gamma-1)]}{(1-\phi)}$$

$$c = \frac{2\alpha\rho(1-T) [(1-2s_A)(1+\phi)(L\alpha(1-3\gamma) - \rho\alpha(1-T))]}{1-\phi} + \frac{2\alpha\rho(1-T) [\rho\sigma(1-3\phi + 2s_A(1+\phi)) - L\sigma(1-\phi)(1-5\gamma)]}{1-\phi}$$

$$d = \frac{2\alpha\rho(1-T)}{(1-\phi)^2} L\gamma(1-\phi) [\alpha(1+\phi)(1-2s_A) - \sigma(1-\phi)] + \frac{2\alpha\rho(1-T)}{(1-\phi)^2} \rho(s_A - \phi(1-s_A)) [\alpha(1+\phi)(1-2s_A)(1-T) - \sigma(1-\phi)]$$

La solution de l'équation (2.36) est donnée par :

$$s_n = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos \left(\frac{\arccos \left(\frac{3q}{2p} \sqrt{-\frac{3}{p}} \right) + 4\pi}{3} \right) - \frac{b}{3a}$$

avec

$$p = \frac{c}{a} - \frac{b^2}{3a^2}$$

$$q = \frac{d}{a} + \frac{b}{27a} \left(\frac{2b^2}{a^2} - \frac{9c}{a} \right)$$

Annexe 3 : Effet de la politique sur la localisation du secteur industriel

Dans cette annexe, nous montrons que la dérivée de la concentration spatiale du secteur industriel dans le pays i (s_n) par rapport au taux de taxe est négative. Pour comprendre l'impact du taux de taxe sur l'équilibre de localisation des firmes, il faut utiliser les relations d'équilibre du modèle qui sont données par les équations (2.18), (2.30) et (2.32). Ainsi, on peut écrire que la concentration des activités de production dans le pays i est affectée par le taux de taxe de la manière suivante :

$$s_n \left[s_e \left(g \left[T, s_n(T) \right], T \right) \right]$$

La dérivée de s_n par rapport à T est alors donnée par :

$$\frac{ds_n}{dT} = \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \left[\frac{\partial s_e}{\partial g} \left(\frac{\partial g}{\partial T} + \frac{\partial g}{\partial s_n} \frac{ds_n}{dT} \right) + \frac{\partial s_e}{\partial T} \right]$$

qui peut se réécrire comme :

$$\frac{ds_n}{dT} = \left(\frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{\partial g}{\partial T} + \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial T} \right) \left(1 - \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{\partial g}{\partial s_n} \right)^{-1}$$

A partir des expressions (2.18), (2.30) et (2.32), nous savons que :

$$\frac{\partial s_n}{\partial s_e} = \frac{1 + \phi}{1 - \phi} > 0 \quad \frac{\partial s_e}{\partial g} = -\frac{\alpha\rho(2s_A - 1)(1 - T)}{2\sigma(g + \rho)^2} < 0$$

$$\frac{\partial g}{\partial T} = \frac{\alpha\rho}{2\sigma} \left(\frac{4WL\sigma - g}{\sqrt{\Lambda^2 + 8WLT\alpha\sigma\rho}} \right) > 0 \quad \frac{\partial s_e}{\partial T} = -\frac{\alpha\rho(2s_A - 1)}{2\sigma(g + \rho)} < 0$$

$$\frac{\partial g}{\partial s_n} = \frac{L\alpha(1 - \gamma)}{\sigma} \left(\frac{g + 2T\sigma\rho}{\sqrt{\Lambda^2 + 8WLT\alpha\sigma\rho}} \right) > 0$$

avec

$$\Lambda = \alpha[2WL - \rho T] - \rho(\sigma - \alpha)$$

En utilisant le signe de ces dérivées partielles et l'expression de la dérivée de s_n par rapport à T , nous voyons immédiatement que cette dernière est négative, c'est-à-dire qu'une hausse du taux de taxe réduit la concentration spatiale des firmes industrielles dans le pays i .

Annexe 4 : Effet de la politique sur le taux de croissance

Dans cette annexe nous montrons qu'une hausse du taux de taxe augmente le taux de croissance. On sait que la dérivée de g par rapport à T est donnée par (2.39). En utilisant (2.38), on peut écrire que :

$$\frac{dg}{dT} \left(1 - \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial g} \frac{\partial g}{\partial s_n} \right) = \frac{\partial g}{\partial T} + \frac{\partial g}{\partial s_n} \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial T}$$

Comme le second terme de l'expression de gauche est positif on sait que

$$\text{sign} \left(\frac{dg}{dT} \right) = \text{sign} \left(\frac{\partial g}{\partial T} + \frac{\partial g}{\partial s_n} \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial T} \right)$$

Par conséquent, $dg/dT > 0$ est positif si et seulement si

$$\frac{\frac{\partial g}{\partial T}}{\frac{\partial g}{\partial s_n} \frac{\partial s_n}{\partial s_e} \frac{\partial s_e}{\partial T}} > 1 \iff \frac{\sigma(1-\phi)(g+\rho)(4WL\sigma-g)}{\alpha L(1-\gamma)(1+\phi)(2s_A-1)(g+2T\sigma\rho)} > 1$$

ce qui équivaut à :

$$\begin{aligned} & -\sigma(1-\phi)g^2 + [L\alpha(1-\gamma)(1+\phi)(2s_A-1) + \sigma(1-\phi)(4WL\sigma-\rho)]g \\ & + 4WL\rho(1-\phi)\sigma^2 + 2LT\alpha\rho(1-\gamma)(1+\phi)(2s_A-1)\sigma > 0 \end{aligned}$$

Ce polynôme du second degré en g a deux racines réelles données par :

$$\begin{aligned} g_1 &= \frac{\Upsilon - \sqrt{\Upsilon^2 + 8L\sigma^2(1-\phi)[2W\sigma(1-\phi) + (1+\phi)(1-\gamma)T\alpha(2s_A-1)]}}{2\sigma(1-\phi)} < 0 \\ g_2 &= \frac{\Upsilon + \sqrt{\Upsilon^2 + 8L\sigma^2(1-\phi)[2W\sigma(1-\phi) + (1+\phi)(1-\gamma)T\alpha(2s_A-1)]}}{2\sigma(1-\phi)} > 0 \end{aligned}$$

avec

$$\Upsilon = L\alpha(1+\phi)(1-\gamma)(2s_A-1) + \sigma(1-\phi)(4WL\sigma-\rho)$$

Ainsi le polynôme est positif si et seulement si g donné par (2.30) est compris entre g_1 et g_2 . On sait que $g > 0 > g_1$ par définition. Il faut donc comparer g avec g_2 pour conclure. Pour simplifier la preuve nous comparons dans un premier temps le premier élément de g_2 avec le premier élément de g c'est-à-dire que nous

calculons la différence entre $\Upsilon/2\sigma(1-\phi)$ et $\Lambda/2\sigma$. Cette différence est donnée par :

$$\frac{L\alpha(1+\phi)(1-\gamma)(2s_A-1) + \sigma(1-\phi)(4WL\sigma - \rho)}{2\sigma(1-\phi)} - \frac{\alpha[2WL - \rho] - \rho(\sigma - \alpha)}{2\sigma}$$

Le numérateur de cette différence est égal à

$$L\alpha(1+\phi)(1-\gamma)(2s_A-1) + 2WL(1-\phi)(2\sigma^2 - \alpha) - \alpha\rho(1-\phi)(1-T) > 0$$

Ce numérateur est toujours positif. Cela signifie donc que le premier élément de g_2 est supérieur au premier élément de g . Comparons maintenant le second élément de g_2 avec le second élément de g . Cette différence est donnée par :

$$\frac{\sqrt{\Upsilon^2 + 8L\sigma^2(1-\phi)[2W\sigma(1-\phi) + (1+\phi)(1-\gamma)T\alpha(2s_A-1)]}}{2\sigma(1-\phi)} - \frac{\sqrt{\Lambda^2 + 8\alpha\sigma\rho WLT}}{2\sigma}$$

On a montré précédemment que $\Upsilon/2\sigma(1-\phi) > \Lambda/2\sigma$, par conséquent le second élément de g_2 sera forcément supérieur au second élément de g si

$$8L\sigma^2(1-\phi)[2W\sigma(1-\phi) + (1+\phi)(1-\gamma)T\alpha(2s_A-1)] > (1-\phi)^2 8\alpha\sigma\rho WLT$$

ce qui correspond à

$$W(1-\phi)^2(2\sigma^2 - T\alpha) + \sigma(1-\phi)^2(1-\gamma)T\alpha(2s_A-1) > 0$$

Cette inégalité est toujours vérifiée quelle que soit la valeur des paramètres. Par conséquent nous savons également que le second élément de g_2 est supérieur au second élément de g . Si les deux éléments constituant g_2 sont supérieurs aux deux éléments constituant g cela signifie que $g_2 > g$. Cela nous permet de conclure que $g_2 > g > g_1$, c'est-à-dire que le taux de croissance d'équilibre est compris dans l'intervalle où $dg/dT > 0$. Par conséquent, nous savons que la dérivée du taux de croissance par rapport au taux de taxe est positive.

Annexe 5 : Intégration commerciale et effet de la politique sur la localisation

Dans cette annexe, nous montrons que plus le niveau d'intégration commerciale est élevé plus la politique a un effet important sur la délocalisation des firmes industrielles vers le pays périphérique.

Pour cela nous devons calculer la dérivée partielle de ds_n/dT par rapport à ϕ . En utilisant l'expression (2.38) et l'expression des dérivées partielles fournit en annexe 3, nous pouvons écrire que :

$$\frac{ds_n}{dT} = \frac{-\frac{\alpha\rho(2s_A-1)}{2\sigma(g+\rho)} \left(\frac{\alpha\rho(1-T)}{(g+\rho)} \left(\frac{2WL-g}{\sqrt{\Lambda^2+8WLT\alpha\sigma\rho}} \right) + 1 \right)}{\frac{(1-\phi)}{(1+\phi)} + \frac{2\alpha^2\rho L(1-\lambda)(2s_A-1)(1-T)}{2\sigma(g+\rho)^2} \left(\frac{g+T\rho}{\sqrt{\Lambda^2+8WLT\alpha\sigma\rho}} \right)}$$

Cette expression à la forme :

$$\frac{ds_n}{dT} = \frac{X}{\frac{(1-\phi)}{(1+\phi)} + Y}$$

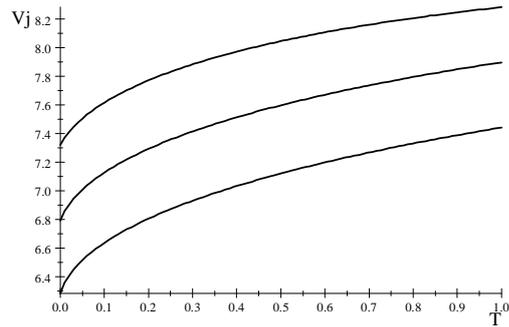
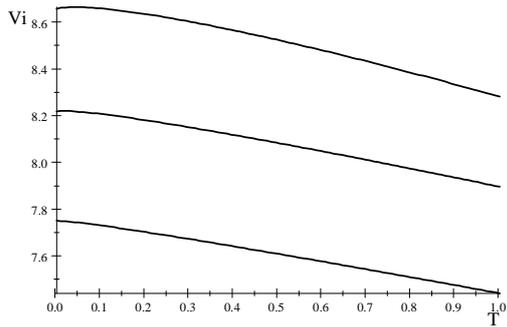
où $X < 0$ et $Y > 0$. La dérivée partielle de ds_n/dT par rapport à ϕ a la forme suivante :

$$\frac{\partial(\frac{ds_n}{dT})}{\partial\phi} = \frac{2X}{[Y(1+\phi) + (1-\phi)]^2} < 0$$

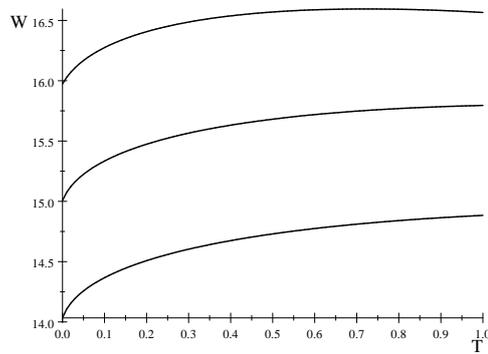
Ce résultat signifie que plus le niveau d'intégration économique est élevé plus une augmentation du taux de taxe aura d'impact sur la délocalisation du secteur industriel vers le pays j (car $ds_n/dT < 0$).

Graphiques

Effets de la politique de subvention à la R&D lorsque l'intensité des externalités de connaissances internationales est à un niveau intermédiaire ($\gamma = 0.5$)

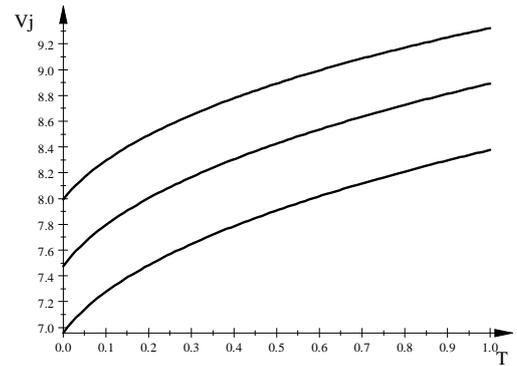
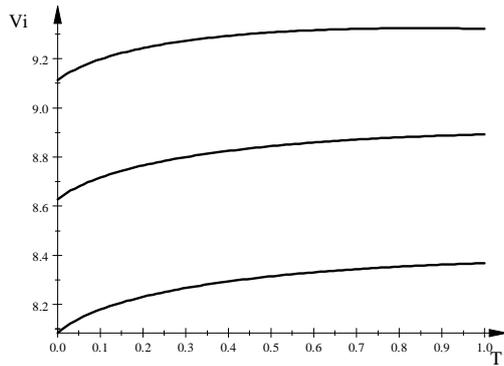
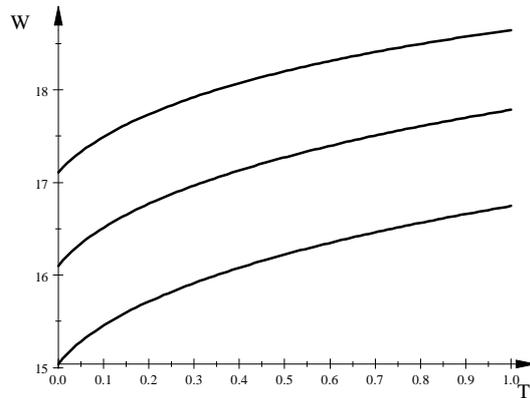


Graphique 3a : Evolution du bien-être dans le pays i Graphique 3b : Evolution du bien-être dans le pays j



Graphique 3c : Evolution du bien-être global

Effets de la politique de subvention à la R&D lorsque l'intensité des externalités de connaissances internationales est forte ($\gamma = 0.9$)

Graphique 4a : Evolution du bien-être dans le pays i Graphique 4b : Evolution du bien-être dans le pays j 

Graphique 4c : Evolution du bien-être global

Chapitre 3

Influences des politiques de subvention à la R&D sur les dynamiques de localisation, la croissance et le bien-être en présence de rendements décroissants de la R&D

3.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons développé un modèle NEGG à la Martin et Ottaviano (1999) dans lequel un Etat central ayant une contrainte de budget équilibré peut mettre en place une politique centralisée de soutien à la R&D afin de rapprocher l'économie de son optimum social. Si les résultats obtenus montrent qu'une telle politique semble à même d'améliorer le bien-être global en dynamisant la croissance économique, ils montrent également qu'elle peut conduire à des effets opposés sur le bien-être de chaque pays si les externalités de connaissances sont fortement localisées. Cela crée alors une divergence d'intérêts entre les deux pays concernant la mise en place de la politique. Plus précisément, cette divergence d'intérêts se matérialise par le fait que le pays qui est le principal financeur de la politique voit son bien-être diminuer alors que le pays qui est le financeur minoritaire voit son bien-être augmenter. Cependant, lorsque les externalités sont moins localisées cette divergence d'intérêts disparaît et les deux pays ont intérêt à la mise en place d'une telle politique.

Par ailleurs, nos résultats montrent que dans un contexte d'approfondissement de l'intégration commerciale, l'utilité d'une politique centralisée de soutien à la R&D diminue mais celle-ci reste en mesure d'améliorer le résultat de l'équilibre décentralisé.

Si ces résultats semblent justifier la mise en place de politiques communautaires de soutien à la R&D, plusieurs critiques peuvent être faites sur le cadre théorique que nous avons utilisé. En effet, le modèle développé dans le chapitre précédent utilise un cadre de croissance à la Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991) qui est marqué par un effet d'échelle très important (Jones, 2005) puisque le taux de croissance augmente avec le montant de ressources dévolue au secteur de la R&D, c'est-à-dire, que la taille d'une économie détermine son taux de croissance. Cet effet d'échelle induit qu'un doublement du nombre de chercheurs employés doublera le taux de croissance. Comme le souligne Jones (1995), cet effet d'échelle n'est pas validé par les données empiriques, puisqu'entre 1950 et 1990, le nombre de chercheurs employés aux Etats-Unis a été multiplié par plus de cinq alors que le taux de croissance a été constant voire a légèrement décliné au cours de cette période. Jones (1995b) montre que l'on peut éliminer cet effet d'échelle en relâchant l'hypothèse de rendements constants de la R&D propre aux modèles à la Romer (1990). Comme il le souligne, le rendement des activités de R&D supposé par ces modèles est totalement arbitraire car on peut très bien imaginer qu'il soit plus difficile de créer de nouvelles connaissances au cours du temps c'est-à-dire que le rythme de découverte puisse être décroissant avec le stock de connaissances disponibles (induisant des rendements décroissants de la R&D).

Une autre critique qui peut être portée au modèle développé dans le chapitre 2 concerne les externalités qui sont modélisées et les défaillances qui en découlent. En effet, deux des trois défaillances présentes dans le modèle précédent (liées au pouvoir de marché des firmes¹ et aux externalités de connaissances positives) conduisent les agents à sous-investir en R&D à l'équilibre décentralisé. Quant à la troisième défaillance liée à la géographie économique, nous ne pouvons pas déterminer analytiquement si elle conduit à sur ou sous-investir en R&D. Par conséquent, on peut se demander si l'effet positif de la politique de soutien à la R&D mis en évidence ne serait pas lié à un biais concernant les défaillances présentes dans le modèle, qui conduisent majoritairement les agents à sous-investir en R&D, alors que la revue de littérature du chapitre 1 a clairement révélé la possible existence de défaillances agissant dans le sens opposé.

¹Rappelons comme nous l'avons montré dans le chapitre 1 que dans les modèles de croissance par la variété, le problème d'appropriabilité du surplus se résume au problème lié au pouvoir de marché des firmes.

Afin de vérifier si les résultats mis en avant dans le chapitre précédent sont robustes à ces critiques, nous développons dans ce chapitre un modèle intégrant un processus de croissance semi-endogène à la Jones (1995b) tout en conservant un cadre de localisation à la Martin et Rogers (1995). Cela va nous permettre, d'une part, d'éliminer l'important effet d'échelle présent dans le modèle développé dans le chapitre 2 et, d'autre part, d'intégrer une nouvelle externalité dans le processus d'innovation générant une nouvelle défaillance de marché. Plus précisément, nous introduisons l'existence de duplications dans les activités de R&D. Cette notion de duplication renvoie au fait que les firmes engagées dans la R&D peuvent réaliser simultanément leur effort dans la même direction et aboutir à des découvertes identiques. Dans ce cas, l'effort total de R&D pour produire ces découvertes est deux fois plus important que si une unique firme s'était engagée dans cette direction. Ainsi, la non prise en compte par les agents de l'existence de duplications dans les activités de R&D les conduit à sur-investir en R&D à l'équilibre concurrentiel. En outre, en relâchant l'hypothèse concernant les rendements d'échelle de la R&D, nous ouvrons la possibilité d'étudier des situations où les rendements peuvent être décroissants et les externalités de connaissances négatives. Par conséquent, en tenant compte de défaillances de marché générant des effets opposés sur l'incitation des agents à mener des activités de R&D, le modèle que nous développons dans ce chapitre permet d'étudier un plus grand nombre de situations.

Nos résultats montrent que la mise en place d'une politique centralisée de soutien à la R&D va modifier l'état d'équilibre de l'économie qui sera marqué par un niveau d'investissement en R&D plus important, une géographie économique plus dispersée et des inégalités de revenu plus faibles. Si ces effets sont identiques à ceux mis en évidence dans le chapitre précédent, les deux modèles se différencient sur l'impact de la politique sur le taux de croissance. Contrairement au modèle précédent, l'utilisation d'un processus de croissance semi-endogène élimine le lien entre le montant de ressources engagées dans la R&D et le taux de croissance si bien que la politique n'a pas d'impact sur le taux de croissance à long terme. En revanche, elle va influencer le taux de croissance à court terme et aura par conséquent une influence permanente sur le nombre de variétés produites à chaque période.

Alors qu'on pourrait intuitivement penser que l'introduction d'une défaillance conduisant les agents à sur-investir en R&D conduirait à un effet positif beaucoup plus limité de la politique de soutien à la R&D sur le bien-être global et à l'apparition plus fréquente d'effets opposés sur le bien-être de chaque pays, les simulations réalisées montrent que la conclusion inverse est à privilégier. En effet, même en supposant des externalités de connaissances négatives et une forte

duplication dans les activités de R&D, il semble que la politique soit à même d'améliorer le bien-être dans les deux pays (bien que l'effet soit toujours plus positif pour le pays à faible revenu). Par ailleurs, les cas où la politique conduit à des effets opposés sur le bien-être de chaque pays correspondent à des situations très spécifiques et plus restrictives que celles du modèle précédemment développé. Cet effet plus positif de la politique résulte notamment d'un impact beaucoup plus limité de la dimension spatiale des externalités de connaissances. En effet, notre modèle suppose un niveau d'externalités de connaissances plus faible² (que dans les modèles de croissance endogène) si bien que le caractère localisé de ces dernières a *de facto* moins d'importance. Ainsi, la réduction de la concentration spatiale induite par la politique a un effet beaucoup moins négatif sur la productivité de la R&D. En revanche, le niveau des externalités de connaissances et des duplications semblent influencer fortement les effets de la politique.

La suite de ce chapitre est organisée de la façon suivante. La prochaine section présente le cadre du modèle et le rôle du secteur public dans l'économie. La section 3 propose une analyse des propriétés de l'état d'équilibre du modèle et met en évidence les mécanismes par lesquels la politique de soutien à la R&D va modifier cet état d'équilibre. La section 4 analyse les effets de la politique sur le bien-être de chaque pays et discute des situations générant des effets opposés. La section 5 présente nos conclusions.

3.2 Cadre du modèle

3.2.1 Introduction

Le monde est composé de deux économies ouvertes i et j qui sont identiques à l'exception de leur dotation initiale en capital. On suppose que le pays i est initialement plus riche que le pays j , c'est-à-dire, $A_i(0) > A_j(0)$. Dans chaque pays, il y a un nombre identique de consommateurs $L(t)$ qui proposent leur force de travail en échange d'un salaire. Chaque consommateur a un horizon de vie infini et offre de manière inélastique une unité de travail. Dans les deux pays, le nombre total de consommateurs croît de manière exponentielle au taux exogène $\dot{L}/L = n > 0$. Le marché du travail est en concurrence pure et parfaite dans chaque pays. Le travail est mobile sectoriellement mais pas géographiquement.

²L'utilisation d'un processus de croissance semi-endogène implique *de facto* un niveau d'externalités de connaissances plus faible que celui induit par l'utilisation d'un processus de croissance endogène.

Dans la suite de ce chapitre, nous décrirons simplement l'économie du pays i puisque celle du pays j est presque symétrique.

3.2.2 Consommation

Les préférences des consommateurs sont les mêmes dans les deux pays. La fonction d'utilité intertemporelle d'un consommateur représentatif est donnée par :

$$\int_0^{\infty} e^{-(\rho-n)t} \ln \left[D_i(t)^\alpha Z_i(t)^{1-\alpha} \right] dt \quad (3.1)$$

où $\rho > n$ représente le taux de préférence pour le présent, Z est un bien homogène qui est utilisé comme numéraire et D représente l'indice de consommation des biens différenciés. Cet indice est résumé par une fonction CES à la Dixit-Stiglitz (1977) :

$$D_i(t) = \left[\int_0^{N_i} D_{ii}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di + \int_0^{N_j} D_{ji}(t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} dj \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (3.2)$$

où $N_{i(j)}$ représente le nombre de biens différenciés qui sont produits dans le pays $i(j)$ tel que $N_i + N_j = N_w$. D_{ii} et D_{ji} représentant la quantité consommée de biens différenciés produits dans les pays i et j respectivement. Enfin, $\sigma > 1$ représente l'élasticité de substitution entre variétés ainsi que l'élasticité-prix de la demande pour chaque variété.

En utilisant (3.1) et (3.2), on peut écrire que les dépenses d'un consommateur représentatif localisé dans le pays i sont :

$$E_i(t) = \left[\int_0^{N_i} D_{ii}(t) P_{ii} di + \int_0^{N_j} D_{ji}(t) \tau P_{ji} dj + Z(t) \right] \quad (3.3)$$

où P_{ii} et τP_{ji} représentent le prix de vente dans le pays i des variétés de bien différencié produites respectivement dans les pays i et j . Alors que le bien homogène s'échange sans coût, les biens différenciés sont soumis à un coût de transport de type Iceberg c'est-à-dire que pour qu'une unité de bien différencié produite dans un pays soit acheminée dans l'autre, il faut expédier $\tau > 1$ unités de ce bien.

Le programme d'optimisation du consommateur opère en deux temps. Dans un premier temps, on détermine les quantités de biens qui maximisent l'utilité du consommateur (3.1) étant donnée son niveau de dépenses (3.3). Pour un ménage du pays i , on obtient :

$$Z_i = (1 - \alpha) E_i \quad (3.4)$$

$$D_{ii} = \frac{\alpha E_i P_{ii}^{-\sigma}}{\Delta^{1-\sigma}} \quad (3.5)$$

$$D_{ji} = \frac{\alpha E_i \tau^{-\sigma} P_{ji}^{-\sigma}}{\Delta^{1-\sigma}} \quad (3.6)$$

$$\Delta = \left[\int_0^{N_i} P_{ii}^{1-\sigma} di + \int_0^{N_j} \phi P_{ji}^{1-\sigma} dj \right]^{1/(1-\sigma)}$$

où Δ est l'indice de prix CES des biens différenciés associé à l'équation (3.2) et $\phi = \tau^{1-\sigma} \in (0, 1]$ représente une mesure du degré d'intégration commerciale entre les deux pays.

Dans un second temps, le ménage réalise un arbitrage intertemporel entre consommation et investissement. De ce fait, il maximise (3.1) sous la contrainte de budget intertemporelle :

$$\dot{z}(t) = w(t) + r(t)z(t) - E_i(t) - nz(t) \quad (3.7)$$

où $z(t)$ représente la valeur du stock d'actifs (de capital) détenu par un ménage représentatif à la période t , $w(t)$ représente le taux de salaire à la période t et $r(t)$ représente le taux d'intérêt sur le marché des actifs à la période t . En prenant les prix et les dépenses comme données, la résolution du Hamiltonien nous donne l'équation d'Euler d'évolution de la consommation :

$$\frac{\dot{E}_i}{E_i} = r(t) - \rho \quad (3.8)$$

L'équation (3.8) nous montre que le taux de croissance de la consommation est positif si et seulement si le taux d'intérêt sur les actifs est supérieur au taux de préférence pour le présent.

3.2.3 Production

Le bien homogène Z est produit selon une technologie à rendements constants et utilise pour seul input le travail. On suppose qu'une unité de travail est nécessaire pour produire une unité de bien homogène, c'est-à-dire que :

$$Z(t) = L_Z(t) \quad (3.9)$$

Les firmes produisant ce bien étant en concurrence pure et parfaite, le bien est vendu à son coût marginal $w(t)$. De manière analogue aux modèles de la Nouvelle Economie Géographique (NEG), nous supposons que la demande pour

ce bien est assez forte pour que la production d'un pays ne puisse satisfaire la demande mondiale. De ce fait, le bien homogène est produit dans les deux pays et comme le travail est mobile sectoriellement dans chaque pays, le taux de salaire dans l'ensemble des industries s'établit à $w(t)$. En choisissant le bien Z comme numéraire, le taux de salaire dans chaque pays est égal à 1 à chaque période.

Les biens différenciés sont produits par un secteur industriel selon une technologie à rendement croissant qui utilise le travail et le capital comme inputs. Plus précisément, la production de chaque variété implique un coût fixe d'une unité de capital et un coût variable de β unités de travail. Les firmes de ce secteur sont en concurrence monopolistique et chaque firme produit une unique variété. Par conséquent le stock global de capital noté $A_w(t)$ est égal au nombre total de firmes du secteur industriel $N_w(t)$.

Nous supposons une parfaite mobilité du capital entre les deux pays. Cela signifie que si les détenteurs de capital ne sont pas mobiles géographiquement, ils peuvent allouer librement et sans coût leur capital entre les deux pays puis rapatrier leur profit. Cela implique donc que la part de firmes localisées dans le pays i notée $s_n = N_i/N_w$ peut être différente de la part du capital détenu par les ménages du pays i notée $s_A = A_i/A_w$.

3.2.4 Equilibre sur le marché des produits

Puisqu'il existe un continuum de firmes produisant les biens différenciés, chaque producteur va fixer sa politique tarifaire optimale en considérant les dépenses agrégées et les prix de vente des autres firmes comme donnés. Puisque les firmes en concurrence monopolistique ont la même technologie de production dans les deux pays et font face à la même élasticité-prix de la demande (σ), le prix de vente des biens différenciés sur le marché interne est le même que celui sur le marché externe :

$$P_{ii} = P_{ij} = \frac{\beta\sigma}{\sigma - 1} = P_{jj} = P_{ji} \quad (3.10)$$

Le prix de vente des biens différenciés correspond à un taux de marge constant sur le coût marginal de production. En substituant les prix optimaux dans les fonctions de demande (3.5) et (3.6) et en utilisant le fait qu'à l'équilibre, la demande mondiale de biens différenciés doit être égale à l'offre mondiale, on peut écrire le niveau de production des firmes localisées en i et j comme :

$$x_i = \frac{\alpha L(\sigma - 1)}{\beta\sigma N_w} \left(\frac{E_i}{[s_n + \phi(1 - s_n)]} + \frac{\phi E_j}{[\phi s_n + (1 - s_n)]} \right) \quad (3.11)$$

$$x_j = \frac{\alpha L(\sigma - 1)}{\beta \sigma N_w} \left(\frac{\phi E_i}{[s_n + \phi(1 - s_n)]} + \frac{E_j}{[\phi s_n + (1 - s_n)]} \right) \quad (3.12)$$

où $s_n = N_i/N_w$ représente la proportion de firmes industrielles localisée dans le pays i .

Puisque le capital est parfaitement mobile entre les pays, les producteurs vont comparer les profits qu'ils réaliseraient dans les deux pays. Un équilibre de localisation des firmes doit donc satisfaire la condition d'égalité des profits opérationnels. L'équilibre de localisation implique donc que $x_i = x_j$ et conduit à une proportion de firmes localisées dans le pays i égale à :

$$s_n = \frac{1}{2} + \frac{(1 + \phi)}{(1 - \phi)} \left(s_e - \frac{1}{2} \right) \quad (3.13)$$

où $s_e = E_i/E_w$ représente la part des dépenses mondiales que représente les consommateurs du pays i . Comme nous le montre l'expression (3.13), la part de firmes produisant dans le pays i est plus que proportionnelle à la part des dépenses mondiales que représente le pays i (Home Market Effect). Finalement en introduisant (3.13) dans (3.11), on peut déterminer la taille d'une firme quelle que soit sa localisation :

$$x = \alpha L \frac{\sigma - 1}{\beta \sigma} \frac{E_w}{N_w} \quad (3.14)$$

où $E_w = E_i + E_j$ représente les dépenses mondiales. Le profit réalisé par une entreprise industrielle est donc donné par $\Pi = \beta x / (\sigma - 1)$.

3.2.5 R&D et Innovation

Avant de produire une variété de biens différenciés, chaque firme industrielle doit (en amont) acheter un brevet (une unité de capital) à une entreprise du secteur de la R&D. Le secteur de la R&D produit en concurrence pure et parfaite des plans de fabrication des biens différenciés qui sont brevetés puis vendus aux firmes du secteur industriel. Le brevet a une durée de vie infinie si bien qu'une fois l'unité de capital achetée, la firme industrielle bénéficiera d'une rente de monopole à vie. Comme chez Romer (1990), on considère que les connaissances produites par le secteur de la R&D (les plans de fabrication) sont un bien public librement disponible pour l'ensemble des innovateurs potentiels. Dans le pays i , nous supposons qu'il faut F_I unités de travail pour produire une unité de capital :

$$F_I \equiv \frac{L_I^{1-\lambda}}{(A_w W)^\epsilon} \quad (3.15)$$

où $\epsilon < 1$ mesure la force des externalités de connaissances intertemporelles, $1 - \lambda \in [0, 1]$ représente une mesure de l'importance des duplications dans les activités de R&D et L_I représente la quantité totale de travail utilisée pour les activités de R&D. Par ailleurs, $W \equiv [s_n + \gamma(1 - s_n)]$ où $\gamma \in [0, 1]$ est un paramètre mesurant la diffusion spatiale des connaissances entre les deux pays. Notons que le fait de supposer $\gamma < 1$ implique que l'ensemble des activités de R&D vont être menées dans le pays i (j) lorsque $\epsilon > 0$ (< 0) puisqu'il sera toujours moins coûteux d'entreprendre ces activités dans le pays qui concentre le plus (le moins) de firmes. Notons qu'ici nous ne posons pas d'hypothèse forte sur l'importance des externalités de connaissances comme nous l'avons fait dans le chapitre précédent ($\epsilon = 1$). D'ailleurs, comme le souligne Jones (1995b), ce niveau d'externalités de connaissance ($\epsilon = 1$) est arbitraire et entre en contradiction avec les données empiriques qui soutiennent davantage l'idée d'un effet neutre des externalités de connaissances, c'est-à-dire $\epsilon = 0$. Selon Minniti et Parello (2011), les données de brevets suggèrent même que les externalités intertemporelles de connaissances seraient plutôt négatives ($\epsilon < 0$). Un autre avantage de relâcher l'hypothèse $\epsilon = 1$ est d'éliminer l'effet d'échelle présent dans les modèles de croissance endogène à la Romer (1990) et Grossman et Helpman (1991). En effet, le taux de croissance de long terme devient indépendant de la taille de la population mais proportionnel au taux de croissance de la population active.

Au niveau macroéconomique, le nombre de nouvelles variétés produites à chaque période est donc donné par la fonction suivante :

$$\dot{A}_w = \frac{L_I}{F_I} = L_I^\lambda (A_w W)^\epsilon \quad (3.16)$$

3.2.6 Marché du travail

On suppose que chaque consommateur offre de manière inélastique une unité de travail par unité de temps si bien que l'offre totale de travail est égale à $2L(t)$. Concernant la demande de travail, elle émane des trois secteurs de l'économie : traditionnel, industriel et R&D. La demande de travail du secteur traditionnel est obtenue à partir des expressions (3.4) et (3.9) et égale à $L_Z = L(1 - \alpha)E_w$. La demande totale de travail dans le secteur industriel est donné par le produit de la production mondiale ($N_w x$) et du besoin marginal en travail (β) dans ce secteur. En utilisant (3.14), on obtient $L_D = \alpha L(\sigma - 1)E_w/\sigma$. Finalement la demande de travail dans le secteur de la R&D est donnée par $L_I = \dot{A}_w F_I$. Par conséquent, l'équilibre sur le marché du travail s'écrit :

$$2L = L_I + L E_w \left(\frac{\sigma - \alpha}{\sigma} \right)$$

que l'on peut réécrire comme :

$$I = 2 - E_w \left(\frac{\sigma - \alpha}{\sigma} \right) \quad (3.17)$$

où $I = L_I/L$ représente la part du travail employée dans le secteur de la R&D qui est constante à l'état d'équilibre. De ce fait, pour qu'un équilibre sur le marché du travail existe, les dépenses nominales doivent être constante dans le temps, c'est-à-dire que $\dot{E}_w = \dot{E}_i = \dot{E}_j = 0$. Selon l'équation d'Euler (3.8), cela implique que le taux d'intérêt sur les actifs est égal au taux de préférence pour le présent $r = \rho$. Ce dernier résultat nous indique donc que la proportion du revenu mondial détenue par le pays i (s_e) ainsi que la proportion de firmes industrielles localisée dans le pays i (s_n) sont constantes à l'état d'équilibre.

3.2.7 Le secteur public et la politique de soutien à la R&D

Nous supposons l'existence d'un Etat supranational qui peut mettre en place une politique de soutien à la R&D afin de rapprocher l'état d'équilibre de son optimum. Comme pour le chapitre précédent, nous supposons que l'Etat supranational peut mettre en place un impôt proportionnel sur le profit des firmes industrielles et utiliser les recettes prélevées pour subventionner la R&D en prenant en charge une partie du coût de production d'une innovation. Par ailleurs, nous supposons que l'Etat ne différencie pas géographiquement l'allocation et le financement de la politique, c'est-à-dire, que l'Etat fixe un taux de taxe sur le profit des firmes industrielles et un taux de subvention à la R&D identique quelle que soit la localisation des activités industrielles et innovantes. Nous supposons également que l'Etat supranational a une contrainte de budget équilibré et que le taux de taxe ne peut excéder 100%.

Notons que la mise en place d'un impôt proportionnel sur le profit des firmes industrielles ne modifie pas les expressions concernant la production de ces firmes et leur localisation. Les recettes potentielles d'un tel impôt sont égales à $RT = T\Pi N_w = T\alpha L E_w / \sigma$ et le coût des aides à la R&D s'élève à $DT = S A_w F_I = S L_I$ où S représente le pourcentage du coût de la R&D financé par le secteur public. La contrainte de budget équilibré implique que :

$$S = \frac{T\alpha E_w}{\sigma I} \quad (3.18)$$

La mise en place de cette politique va affecter le coût de production d'une unité de capital qui sera non plus donné par (3.15) mais par :

$$F_I = \frac{(1 - S)L_I^{1-\lambda}}{(A_w W)^\epsilon} \quad (3.19)$$

3.3 L'Etat d'équilibre avec un secteur public

3.3.1 Taux de croissance et investissement d'équilibre en R&D

En utilisant l'expression (3.16), le taux de croissance de l'économie noté $g = \dot{A}_w/A_w$ est donné par :

$$g = \frac{L_I^\lambda W^\epsilon}{A_w^{1-\epsilon}} \quad (3.20)$$

A l'état d'équilibre, le taux de croissance est constant par définition ($\dot{g}/g = 0$). En différenciant des deux côtés (3.20), le taux de croissance à long terme est donné par :

$$g = \frac{\lambda n}{1 - \epsilon} \quad (3.21)$$

Ainsi, g est exogène et proportionnel au taux de croissance de la population n . Cette proportion est d'autant plus importante que les activités de R&D sont faiblement dupliquées et que les externalités de connaissances sont positives. Ainsi, contrairement au modèle du chapitre précédent, le taux de croissance à long terme est indépendant du niveau d'investissement dans les activités de R&D et de la géographie des firmes industrielles.

Afin de déterminer le niveau d'investissement d'équilibre en R&D (I), nous utilisons la règle classique d'absence d'opportunités d'arbitrage entre l'investissement en R&D et un placement sans risque au taux r . La valeur v d'une firme industrielle est la somme actualisée de ses profits futurs après impôts, c'est-à-dire :

$$v(t) = \int_t^\infty e^{-[R(s)-R(t)]} \frac{\beta x(s)}{\sigma - 1} (1 - T) ds \quad (3.22)$$

où $R(t) = \int_0^t r(\tau) d\tau$ représente le taux d'actualisation cumulé de la période 0 à la période t . En dérivant (3.22) par rapport au temps, nous obtenons la condition d'arbitrage qui assure l'équilibre sur le marché des capitaux :

$$\dot{v} + \frac{\beta x}{\sigma - 1} (1 - T) = rv \quad (3.23)$$

Avec la condition de libre entrée dans le secteur de la R&D, la valeur d'une unité de capital (d'un brevet) est égale à son coût marginal de production noté F_I donné par (3.19). Le secteur industriel étant en concurrence monopolistique, la valeur d'une firme v à l'équilibre est égale à la valeur d'une unité de capital,

c'est-à-dire que $v = F_I$. Par conséquent, en différenciant l'expression (3.19), on obtient l'évolution de la valeur d'une unité de capital dans le temps :

$$\frac{\dot{v}}{v} = -\epsilon g + (1 - \lambda)n \quad (3.24)$$

En utilisant les expressions (3.17), (3.18), (3.19), (3.21) et (3.23), on peut réécrire la condition d'arbitrage comme :

$$-\epsilon g + (1 - \lambda)n + \frac{g\alpha(1 - T)(2 - I)}{I(\sigma - \alpha) - (2 - I)T\alpha} = \rho \quad (3.25)$$

En utilisant l'expression de g donnée par (3.21) et la condition d'arbitrage (3.25), nous pouvons exprimer le niveau d'investissement d'équilibre en R&D comme :

$$I = 2\alpha \frac{T(\rho - n)(1 - \epsilon) + n\lambda}{(\rho - n)(1 - \epsilon)(\sigma - \alpha + T\alpha) + n\lambda\sigma} \quad (3.26)$$

L'expression (3.26) montre que le niveau d'investissement en R&D d'équilibre est croissant avec le taux de croissance de la population (n) et avec le niveau des externalités de connaissances (ϵ). A l'inverse, il est décroissant avec le taux de préférence pour le présent (ρ), le niveau d'homogénéité des variétés (σ) mais aussi avec l'importance des duplications dans les activités de R&D ($1 - \lambda$). Par ailleurs, la mise en place d'une politique de subvention à la R&D permettrait d'augmenter le niveau d'investissement d'équilibre en R&D puisque $dI/dT > 0$ comme nous le montrons en annexe 1. En effet, en réduisant le coût de la R&D, une telle politique incite davantage de firmes à mener des activités de R&D.

En utilisant les expressions (3.17), (3.18) et (3.26), nous pouvons exprimer la proportion du coût de la R&D financée par le secteur public comme :

$$S = T \frac{(\rho - n)(1 - \epsilon) + n\lambda}{T(\rho - n)(1 - \epsilon) + n\lambda} \quad (3.27)$$

3.3.2 Revenus nominaux et inégalité de revenu

Nous savons qu'à l'état d'équilibre les revenus nominaux sont stables. Le revenu d'un consommateur représentatif est constitué des revenus du travail et du capital qu'il perçoit. Concernant les revenus du travail, chaque consommateur perçoit un salaire égal à 1 à chaque période. Concernant les revenus du capital, chaque consommateur perçoit un rendement net de $(\rho - n)$ sur la valeur des actifs qu'il détient. Par conséquent, nous pouvons écrire le revenu nominal d'un consommateur représentatif de chaque pays comme :

$$E_i = 1 + \frac{(\rho - n)v s_A A_w}{L} \quad E_j = 1 + \frac{(\rho - n)v(1 - s_A)A_w}{L}$$

En utilisant l'expression de la valeur d'une unité de capital donnée par (3.19) et l'expression du taux de croissance donnée par (3.20), on peut écrire que $E_i = 1 + (\rho - n)s_A I(1 - S)/g$ et $E_j = 1 + (\rho - n)(1 - s_A)I(1 - S)/g$. Cela nous permet de comprendre comment la politique de soutien à la R&D va affecter les revenus nominaux d'équilibre dans les deux pays. Ainsi, la politique exerce des effets de sens opposés sur le revenu nominal. D'un côté, en augmentant l'investissement en R&D, la politique va permettre d'augmenter le nombre d'unités de capital produites à chaque période, c'est-à-dire d'augmenter le stock de capital par tête et toute chose égale par ailleurs, d'augmenter les revenus du capital d'un ménage représentatif³. D'un autre côté, le financement de la politique publique va réduire le revenu nominal des consommateurs car l'impôt sur le profit des firmes industrielles réduit leur valeur et par conséquent la valeur d'une unité de capital. Ainsi, l'effet net de la politique sur le revenu nominal des consommateurs dépendra de la force relative de ces effets de sens contraire.

En utilisant l'expression de la proportion de la R&D financée par le secteur public donnée par (3.27), nous pouvons réécrire les revenus nominaux comme :

$$E_i = 1 + \frac{2\alpha s_A(\rho - n)(1 - \epsilon)(1 - T)}{(\rho - n)(1 - \epsilon)(\sigma - \alpha + T\alpha) + n\lambda\sigma} \quad (3.28)$$

$$E_j = 1 + \frac{2\alpha(1 - s_A)(\rho - n)(1 - \epsilon)(1 - T)}{(\rho - n)(1 - \epsilon)(\sigma - \alpha + T\alpha) + n\lambda\sigma} \quad (3.29)$$

Comme nous le montrons en annexe 1, $dE_i/dT < 0$ et $dE_j/dT < 0$, c'est-à-dire que la politique de soutien à la R&D va réduire le revenu nominal des ménages dans les deux pays. Ainsi, l'effet positif de la politique sur le stock de capital par tête est plus que compensé par son effet négatif sur la valeur des unités de capital. Finalement, en utilisant les expressions (3.28) et (3.29), nous pouvons aisément déterminer l'inégalité de revenu entre les consommateurs du pays i et du pays j :

$$s_e = \frac{1}{2} + \frac{\alpha(\rho - n)(2s_A - 1)(1 - \epsilon)(1 - T)}{2\sigma[(\rho - n)(1 - \epsilon) + n\lambda]} \quad (3.30)$$

Comme nous le montre cette expression, dès lors que la dotation initiale en capital diffère entre pays et que le taux d'imposition sur les profits est inférieur à 100%, il existe une inégalité de revenu entre les ménages du pays i et ceux

³Cette relation entre investissement en R&D et nombre de variétés produites est discutée de manière précise dans la prochaine section.

du pays j . La politique de subvention à la R&D va permettre de réduire cette inégalité de revenu puisque $ds_e/dT < 0$ (voir annexe 1). Ce résultat est trivial dans le sens où la politique réduit la valeur du stock de capital détenu par chaque pays qui est à la source des inégalités de revenu entre les consommateurs des deux pays. Puisque les ménages du pays i détiennent davantage de capital que les ménages du pays j , la baisse de la valeur de leur stock de capital va davantage les affecter et se traduire par une réduction des inégalités de revenu.

3.3.3 Localisation du secteur industriel et indices de prix

Pour déterminer l'équilibre de localisation du secteur industriel (s_n), il suffit d'insérer l'expression de l'inégalité de revenu (3.30) dans l'expression (3.13), c'est-à-dire :

$$s_n = \frac{1}{2} + \frac{\alpha(1+\phi)(\rho-n)(2s_A-1)(1-\epsilon)(1-T)}{2\sigma(1-\phi)[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]} \quad (3.31)$$

Puisque $ds_n/dT < 0$ (voir annexe 1), cela montre que la mise en place d'une politique de soutien à la R&D va réduire la concentration spatiale des firmes industrielles dans le pays i . Cette délocalisation d'une partie du secteur industriel vers le pays j s'explique par la réduction des inégalités de revenu entre les consommateurs des deux pays. En effet, au fur et à mesure que l'écart de revenu diminue, il devient de moins en moins intéressant de se localiser dans le pays le plus riche car il faut de plus en plus exporter vers le pays j . Notons simplement que la concentration spatiale du secteur industriel est d'autant plus importante que l'intégration commerciale entre les deux pays est forte.

A partir de ces résultats, nous pouvons formuler la proposition suivante :

Proposition 1 : *La mise en place d'une politique de soutien à la R&D dans une économie composée de deux pays asymétriques modifie l'état d'équilibre de l'économie qui sera caractérisé par (i) un niveau plus élevé d'investissement en R&D, (ii) une inégalité de revenu plus faible et (iii) une géographie économique moins concentrée*

Enfin, la politique de soutien à la R&D va également affecter les indices de prix CES dans les deux pays en modifiant la géographie du secteur industriel et le nombre de variétés produites. En utilisant (3.10), on peut exprimer les indices de prix CES comme :

$$P_i = N_w^{1/(1-\sigma)} \left(\frac{\beta\sigma}{\sigma-1} \right) [s_n + \phi(1-s_n)]^{1/(1-\sigma)} \quad (3.32)$$

$$P_j = N_w^{1/(1-\sigma)} \left(\frac{\beta\sigma}{\sigma-1} \right) [\phi s_n + (1-s_n)]^{1/(1-\sigma)} \quad (3.33)$$

On voit immédiatement que $\partial P_i / \partial s_n > 0$ et $\partial P_j / \partial s_n < 0$, ce qui signifie qu'en réduisant la concentration spatiale dans le pays i , la politique de soutien à la R&D va réduire (augmenter) l'indice de prix dans le pays $j(i)$. Ces mouvements des indices de prix sont bien évidemment liés au transfert partiel des charges de coûts de transports supportés par les consommateurs du pays j sur ceux supportés par les consommateurs du pays i . Ainsi, les ménages du pays j vont économiser les coûts de transports sur une partie des biens qu'ils devaient importés précédemment et l'inverse se produit pour les ménages du pays i . Mais la politique de soutien à la R&D affecte également les indices de prix CES via le nombre d'unités de capital produites à chaque période. A partir de l'expression (3.20) et en utilisant le fait que $L_I/L = I$, on peut écrire que le nombre d'unités de capital à la période t (N_w) est égal à :

$$A_w = N_w = \left(\frac{I^\lambda L^\lambda W^\epsilon}{g} \right)^{1/(1-\epsilon)} \quad (3.34)$$

Cette dernière expression met en avant l'effet d'échelle "faible" du modèle puisque le nombre d'unités de capital disponibles dépend de la taille de la population L . Puisque les indices de prix CES sont décroissants avec le nombre de variétés, il s'ensuit une relation positive entre la taille de la population et le revenu réel par tête. Comme le souligne Jones (2005) et plus récemment Minniti et Parello (2011), cet effet d'échelle propre aux modèles de croissance semi-endogène est validé par les estimations empiriques comme celle de Alcalà et Ciccone (2004). L'étude de l'expression (3.34) fait ressortir le rôle du caractère plus ou moins localisé des externalités de connaissances dans le modèle. Contrairement aux modèles NEGG avec processus de croissance endogène qui arrivent à la conclusion que le caractère localisé des externalités de connaissances est toujours dommageable en termes de bien-être, ce modèle montre que ce résultat dépend du signe des externalités de connaissances. En effet, dans notre modèle lorsque $\epsilon < 0 (> 0)$, plus les externalités de connaissances sont localisées (globales), plus le bien-être augmente. Ainsi, nous retrouvons la relation positive entre bien-être et la diffusion spatiale des externalités de connaissances uniquement lorsque ces dernières sont positives.

L'expression (3.34) montre que la politique de soutien à la R&D a différents effets sur le nombre d'unités de capital produites à chaque période. En utilisant l'expression du taux de croissance à court terme (3.20), nous pouvons mettre en avant les effets de la politique sur le nombre de variétés produites. D'une part, en réduisant le coût de la R&D, la politique augmente les incitations à innover

et le taux de croissance à court terme ($dg(0)/dI > 0$). En conséquence, un nombre plus important de variétés sera produit à chaque période. D'autre part, la politique de soutien à la R&D impacte la géographie du secteur industriel ($\downarrow s_n$) et par conséquent le coût de la R&D. Si les externalités de connaissances sont positives ($\epsilon > 0$), une baisse de s_n va se traduire par une augmentation du coût de la R&D ce qui va réduire les incitations à la R&D et pousser le taux de croissance en dessous de son niveau d'équilibre ($dg(0)/ds_n < 0$ si $\epsilon > 0$). Il s'ensuit une réduction permanente du nombre de variétés produites. Ainsi, lorsque $\epsilon > 0$, la politique de soutien à la R&D a un effet ambigu⁴ sur le taux de croissance à court terme et sur le nombre de variétés produites à chaque période. Si les externalités de connaissances sont négatives ($\epsilon < 0$), une baisse de s_n va se traduire par une réduction du coût de la R&D et *in fine* par une augmentation du nombre de variétés produites à chaque période ($dg(0)/ds_n > 0$ si $\epsilon < 0$). Ainsi, lorsque $\epsilon < 0$, la politique de soutien à la R&D augmente les incitations à innover, le taux de croissance à court terme et le nombre de variétés produites à chaque période.

Ces derniers résultats nous conduisent à formuler la proposition suivante :

Proposition 2 : (i) Si la mise en place d'une politique de soutien à la R&D n'affecte pas le taux de croissance à long terme, elle affecte le taux de croissance à court terme et le nombre de variétés produites à chaque période. (ii) Lorsque les externalités de connaissances sont négatives ($\epsilon < 0$), alors la politique de soutien à la R&D augmente le taux de croissance à court terme et le nombre de variétés produites à chaque période. (iii) En revanche, si les externalités de connaissances sont positives ($\epsilon > 0$), la politique de soutien à la R&D a un effet ambigu sur le taux de croissance à court terme et sur le nombre de variétés produites à chaque période.

3.4 Politique optimale et bien-être

3.4.1 Quels sont les effets de la politique sur les défaillances de marché ?

Jusqu'à présent nous avons caractérisé l'impact d'une politique centralisée de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre de l'économie. Cependant, une telle analyse ne permet pas de justifier en tant que telle sa mise en place. Pour cela, nous

⁴Les conditions sous lesquelles la politique induit une hausse permanente des variétés produites lorsque $\epsilon > 0$ sont présentées en annexe 2.

devons mener une analyse de bien-être afin de déterminer la politique optimale, c'est-à-dire, le niveau de taxation optimal des profits des firmes industrielles.

Avant de développer cette analyse, nous présentons succinctement (voir chapitre 1 pour plus de détails) les défaillances de marché du modèle qui peuvent créer un écart entre l'équilibre décentralisé et l'optimum. La première défaillance est liée à la présence d'externalités de connaissances positives (négatives) dans le processus d'innovation qui conduit les firmes à sous (sur) investir en R&D. La seconde défaillance est liée au pouvoir de marché des firmes industrielles générant une perte de bien-être conduisant les agents à sous-investir en R&D. Une troisième défaillance est liée à la présence de duplications ($\lambda < 1$) dans les activités de R&D qui conduit les firmes à sur-investir en R&D. Enfin, une dernière défaillance est liée à la géographie des activités économiques qui affecte le niveau des indices de prix dans les deux régions.

Dans ce modèle, la géographie des activités économiques génèrent deux externalités qui affectent les indices de prix et que les agents n'internalisent pas. La première est liée à l'impact de la géographie sur le nombre de variétés produites à chaque période (N_w). Comme nous pouvons le voir sur l'expression (3.34), lorsque les externalités de connaissances sont positives (négatives), la géographie économique qui maximise le nombre de variétés produites est l'équilibre concentré (dispersé). La seconde est liée à l'impact de la géographie sur la répartition des charges de coûts de transports supportés par chacun des consommateurs (qui influence le niveau des indices de prix CES). De ce point de vue, on peut aisément vérifier à partir des expressions (3.32) et (3.33) que la géographie qui minimise les coûts de transports supportés au niveau mondial est une géographie économique dispersée ($s_n = 1/2$).

Ainsi, lorsque les externalités de connaissances sont négatives ($\epsilon < 0$), la géographie optimale est un équilibre dispersé. Nous savons que la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé n'est pas optimale du fait de l'inégalité de revenu entre les deux pays et du Home Market Effect. Comme on peut le voir à partir de (3.19), lorsque $\epsilon < 0$, une concentration spatiale plus forte induit un coût de production des connaissances plus élevé. Il suit que les externalités liées au choix de localisation constitue une défaillance conduisant les agents à sous-investir en R&D par rapport à l'optimum (qui est marqué par un coût de production de la R&D plus faible).

Lorsque les externalités de connaissances sont positives ($\epsilon > 0$), nous ne pouvons pas déterminer analytiquement la géographie optimale. En effet, la géographie économique qui maximise le nombre de variétés produites (N_w) est définie par $s_n = 1$ (équilibre concentré) alors que la géographie qui minimise les

coûts de transports est définie par $s_n = 1/2$. La géographie optimale va donc dépendre de l'impact relatif de ces deux externalités sur les indices de prix CES. Ainsi, lorsque les externalités de connaissances sont positives, nous ne pouvons pas déterminer si la défaillance liée à la géographie économique conduit les agents à sous-investir ou à sur-investir en R&D à l'équilibre décentralisé.

Pour résumer, sur les quatre défaillances présentes à l'équilibre décentralisé, une conduit les agents à sous-investir en R&D (pouvoir de marché), une les conduit à sur-investir (duplication) et les deux dernières (externalités de connaissances et géographie économique) peuvent les conduire à sous-investir ou à sur-investir en fonction des hypothèses retenues. Si nous retenons l'hypothèse d'externalités de connaissances négatives, ces dernières conduisent les agents à sur-investir en R&D alors que la géographie économique les incite à sous-investir en R&D. Si nous retenons l'hypothèse d'externalités de connaissances positives, ces dernières conduisent les agents à sous-investir en R&D et la géographie économique a un impact ambigu sur l'incitation des agents.

La politique de soutien à la R&D envisagée permet-elle de corriger ces défaillances ?

Nous savons que la politique de soutien à la R&D réduit la concentration spatiale du secteur industriel et augmente le niveau d'investissement en R&D. Lorsque les externalités de connaissances sont positives, la politique corrige (au moins partiellement) la défaillance liée aux externalités de connaissances en augmentant l'investissement en R&D. En revanche, son impact sur la défaillance liée à la géographie économique est ambigu. En effet, la politique va amplifier (corriger) cette défaillance si la concentration spatiale de l'équilibre décentralisé est inférieure (supérieure) à la concentration spatiale optimale. Lorsque les externalités de connaissances sont négatives, la politique amplifie la défaillance liée à ces externalités mais va corriger (au moins partiellement) la défaillance liée à la géographie économique (puisque dans ce cas, la localisation optimale est un équilibre dispersé). Mais dans tous les cas, la politique ne corrige pas les défaillances liées au pouvoir de marché des firmes et à l'existence de duplication dans les activités de R&D. Ainsi, cette politique ne permettra, dans le meilleur des cas, que d'atteindre un optimum de second rang. Du fait de ces effets ambivalents sur les défaillances, nous menons une analyse de bien-être afin de mettre en évidence les cas où la mise en place de la politique de soutien à la R&D est désirable.

3.4.2 Critères de bien-être et effets de la politique sur le bien-être

Comme dans le chapitre précédent, le niveau de bien-être des consommateurs est mesuré par leur niveau d'utilité indirecte. Appelons V_i et V_j l'utilité indirecte d'un consommateur représentatif habitant les pays i et j respectivement. En utilisant les expressions (3.1), (3.4), (3.5), et (3.6), nous pouvons exprimer l'utilité indirecte des consommateurs comme :

$$V_i = \frac{1}{(\rho - n)} \log \left[C E_i N_w^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} (s_n + \phi(1 - s_n))^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} e^{\frac{\alpha g}{(\rho-n)(\sigma-1)}} \right] \quad (3.35)$$

$$V_j = \frac{1}{(\rho - n)} \log \left[C E_j N_w^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} (\phi s_n + (1 - s_n))^{\frac{\alpha}{\sigma-1}} e^{\frac{\alpha g}{(\rho-n)(\sigma-1)}} \right] \quad (3.36)$$

avec

$$C = \alpha^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha} \left(\frac{\sigma - 1}{\beta \sigma} \right)^\alpha$$

$$N_w = \left(\frac{I^\lambda L(0)^\lambda W^\epsilon}{g} \right)^{1/(1-\epsilon)}$$

où E_i et E_j représentent les revenus nominaux d'un consommateur représentatif dans le pays i et j qui sont donnés par les expressions (3.28) et (3.29). Dans un souci de comparaison des résultats, nous utiliserons les trois critères de bien-être utilisés dans le chapitre 1 pour discuter la politique optimale. Rappelons que le premier critère est celui de Bentham selon lequel la politique optimale est celle qui maximise le bien-être global. Le second est le critère de bien-être au sens de Rawls selon lequel la politique optimale est celle qui maximise le bien-être du consommateur le plus "pauvre". Le troisième et dernier critère que nous appelons critère d'acceptation définit la politique optimale comme celle qui maximise le bien-être global sous la contrainte que le niveau de bien-être obtenu par chaque pays soit au moins équivalent à celui de l'équilibre concurrentiel. L'avantage de ce critère est de prendre en compte à la fois une dimension individuelle et une dimension globale du bien-être.

Dans cette sous-section, nous présentons brièvement les effets de la politique de soutien à la R&D envisagée sur le bien-être. En dérivant les expressions (4.35) et (4.36) par rapport à T , nous obtenons :

$$\begin{aligned} \frac{dV_i}{dT} = & \underbrace{\frac{\alpha}{(\rho - n)(\sigma - 1)} \frac{(1 - \phi)}{(s_n(1 - \phi) + \phi)} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet coût de transport}} + \underbrace{\frac{1}{(\rho - n)E_i} \frac{dE_i}{dT}}_{\text{effet revenu}} \\ & \ominus \\ & + \underbrace{\frac{\lambda\alpha}{(\rho - n)(\sigma - 1)(1 - \epsilon)I^*} \frac{dI^*}{dT}}_{\text{effet investissement}} + \underbrace{\frac{\epsilon\alpha(1 - \gamma)}{(\rho - n)(\sigma - 1)(1 - \epsilon)A} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet externalités}} \\ & \oplus \quad \mathbf{sign}(-\epsilon) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dV_j}{dT} = & - \underbrace{\frac{\alpha}{(\rho - n)(\sigma - 1)} \frac{(1 - \phi)}{(1 - s_n(1 - \phi))} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet coût de transport}} + \underbrace{\frac{1}{(\rho - n)E_j} \frac{dE_j}{dT}}_{\text{effet revenu}} \\ & \oplus \\ & + \underbrace{\frac{\lambda\alpha}{(\rho - n)(\sigma - 1)(1 - \epsilon)I^*} \frac{dI^*}{dT}}_{\text{effet investissement}} + \underbrace{\frac{\epsilon\alpha(1 - \gamma)}{(\rho - n)(\sigma - 1)(1 - \epsilon)A} \frac{ds_n}{dT}}_{\text{effet externalités}} \\ & \oplus \quad \mathbf{sign}(-\epsilon) \end{aligned}$$

Le premier terme ou "effet coût de transport" renvoie à l'effet direct de la politique publique sur les indices de prix CES. Comme nous l'avons montré précédemment, une hausse du taux de taxe va réduire la concentration spatiale des activités industrielles. Ce mouvement de firmes va affecter l'indice de prix dans chaque pays puisque les consommateurs du pays j vont économiser les coûts de transport sur les biens qui seront maintenant produits dans leur pays. Bien évidemment, on observe le processus inverse pour les consommateurs du pays i . Ainsi, l'effet coût de transport est positif pour les consommateurs du pays j et négatif pour ceux du pays i . On peut montrer que l'effet positif pour le pays j est supérieur en valeur absolue à l'effet négatif pour le pays i si bien qu'au niveau global, l'effet coût transport de la politique est positif. Ceci est lié au fait qu'une baisse de la concentration spatiale réduit davantage l'indice de prix du pays j qu'elle n'augmente celui du pays i où la majorité des biens différenciés sont produits.

Le second terme ou "effet revenu" renvoie à l'effet de la politique sur le revenu nominal. Le financement de la politique réduit le profit des firmes industrielles et par conséquent la valeur des unités de capital. Le revenu nominal des consommateurs étant fonction de la valeur de leur actif, une augmentation du taux de

taxe réduit leur revenu nominal. L'effet revenu est donc négatif pour le bien-être dans les deux pays mais il sera plus important pour les consommateurs du pays i qui détiennent davantage de capital, même s'ils sont les principaux financeurs de cette politique (en valeur absolue). Cela explique pourquoi la politique réduit l'inégalité de revenu entre les deux pays.

Le troisième terme ou "effet investissement" renvoie au premier effet indirect de la politique sur les indices de prix CES. En réduisant le coût de la R&D, la politique augmente les incitations à innover et l'investissement en R&D si bien que le taux de croissance de court terme augmente. Ce "surplus" de croissance à court terme va se traduire par un nombre plus important de variétés produites. L'indice de prix CES étant décroissant avec le nombre de variétés, il s'ensuit une augmentation du revenu réel.

Le dernier terme ou "effet externalités" renvoie au second effet indirect de la politique sur les indices de prix CES. Son signe dépend du signe de ϵ . Si les externalités de connaissances sont positives ($\epsilon > 0$), une réduction de la concentration spatiale va réduire le volume des externalités (W diminue) et donc les incitations à innover. Par le même mécanisme que pour l'"effet investissement", cela se traduit par une réduction du nombre de variétés mises sur le marché à chaque période. L'inverse se produit lorsque les externalités de connaissances sont négatives puisqu'une plus faible concentration spatiale réduira le volume des externalités. Ainsi, le signe de cet effet est dépendant de l'hypothèse retenue concernant le signe des externalités de connaissances.

3.4.3 Critères de bien-être et politique optimale

Dans cette sous-section, nous étudions l'évolution des politiques optimales⁵ de soutien à la R&D en fonction de différentes valeurs de paramètres. Cette analyse a dû être réalisée à l'aide de simulations numériques car la complexité des fonctions d'utilité indirecte ne nous permet pas de proposer une expression analytique des politiques optimales. Le tableau 1 présente les résultats de ces simulations⁶. Les expressions T_i^* , T_j^* et T_w^* renvoient respectivement à la politique optimale du point de vue du pays i , du pays j (Rawls) et au niveau global (Bentham). Dans certaines situations, le bien-être est croissant avec le taux de taxe sur l'intervalle $[0, 1]$ si bien que la politique optimale au sens mathématique

⁵Nous parlons de politiques optimales car la politique optimale diffère selon le critère de bien-être retenu.

⁶Les valeurs de paramètres retenus sont basées sur celles utilisées par Jones (1995) et Martin et Ottaviano (1996, 1999).

du terme correspond à un niveau de taxe supérieur à 100%. Nous supposons ici que l'Etat ne peut pas taxer à plus de 100% les profits des firmes si bien que certaines politiques dites "optimales" correspondent en réalité à des solutions en coin.

σ	α	ρ	n	ϕ	s_A	λ	ϵ	γ	$T_i^*(\%)$	$T_j^*(\%)$	$T_w^*(\%)$	$g(\%)$
3	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.7	0	0.1	58.13	100	85.55	0.7
-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	100	100	100	1.4
-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	100	100	100	1.4
-	-	-	-	-	-	-	-0.5	0.1	39.87	100	59.05	0.47
-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	37.46	92.97	54.27	0.47
3	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.3	0.1	0.4	25.53	60.67	36.7	0.33
-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	54.97	100	79.55	0.67
-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	88.13	100	100	1
3	0.5	0.05	0.01	0.25	0.65	0.7	0.1	0.4	66.08	100	96.07	0.78
-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	65.73	100	95.37	0.78
-	-	-	-	0.85	-	-	-	-	64.12	100	92.05	0.78
5	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.3	0.1	0.4	22.60	51.42	32.27	0.33
10	-	-	-	-	-	-	-	-	20.88	46.76	29.78	0.33
5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	24.08	53.39	34.07	0.33
-	0.5	0.1	-	-	-	-	-	-	25.91	53.49	35.16	0.33
-	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	12.68	45.19	23.59	0.67
5	0.5	0.05	0.01	0.8	0.9	0.3	-0.9	0.9	6.64	100	15.98	0.16
-	-	-	-	0.9	-	-	0.9	0	-14.75	-5.49	-10.36	3
-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-10.43	3.74	-5.34	3
-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	19.65	45.97	31.54	3
-	-	-	-	0.8	-	-	0.8	0	18.05	45.47	29.56	1.5
-	-	-	-	0.7	-	-	0.9	-	24.81	54.76	38.22	3
-	-	-	-	0.9	0.7	-	-	-	7.17	15.61	11.23	3
-	-	-	-	-	0.9	0.6	-	-	-6.59	8.09	0.58	6
-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	14.37	31.97	23.11	9

Tableau 1 : Simulations des politiques optimales

Le tableau 1 est organisé en cinq parties. La première étudie l'impact du niveau des externalités de connaissances sur les politiques optimales. La seconde

étudie l'impact du niveau de duplications sur les politiques optimales. La troisième étudie l'impact d'un approfondissement de l'intégration commerciale sur les politiques optimales. La quatrième étudie l'impact d'une variation des autres paramètres du modèle sur les politiques optimales. Finalement, la dernière partie de ce tableau met en exergue des situations où la politique est indésirable en termes de bien-être et nous permet ainsi d'analyser les conditions sous lesquelles une politique centralisée de soutien à la R&D serait à proscrire.

Politique de soutien à la R&D : Une intervention publique justifiée

D'un point de vue global, les simulations font ressortir une forte capacité des politiques de soutien à la R&D à améliorer le bien-être de chaque pays et le bien-être global. En effet, même en supposant une forte duplication des activités de R&D et des externalités de connaissances négatives, la mise en place de la politique va permettre d'améliorer la situation des deux pays. Les seuls cas où la politique réduit le bien-être d'au moins un pays supposent une intégration commerciale très poussée ($\phi = 0.9$) entre les deux pays, une inégalité de dotation en capital très importante ($s_A = 0.9$), une diffusion spatiale des connaissances très faible ($\gamma \leq 0.1$) et un niveau de duplication dans les activités de R&D assez fort. Ces conditions sont très spécifiques et il est peu probable qu'elles soient simultanément observées. D'ailleurs, les différentes simulations présentées dans la dernière partie du tableau 1 montrent qu'une petite variation d'une de ces conditions spécifiques (et notamment celles liées à la dotation en capital et au niveau d'intégration commerciale) change radicalement l'impact de la politique qui peut alors exercer des effets positifs sur le bien-être des deux pays.

Le tableau 2 ci-dessous compare le niveau d'utilité obtenu par chacun des consommateurs représentatifs dans le cas où l'Etat ne met pas en place de politique avec le cas où la politique optimale au sens de Bentham est appliquée. Comme on peut le voir, à l'exception des simulations présentées en fin de tableau, la politique n'induit pas de divergence d'intérêt entre les deux pays. En effet, le pays i qui est le principal financeur de la politique a toujours intérêt à sa mise en place puisque $T_i^* > 0$. Par conséquent, lorsque $T_i^* > 0$ la politique optimale selon le critère d'acceptation est strictement équivalente à la politique optimale au sens de Bentham. Ceci signifie donc que l'utilité des consommateurs du pays i au taux de taxe de Bentham est toujours supérieure ou égale à l'utilité qu'ils obtiendraient sans politique publique, c'est-à-dire que, $V_i(0) \leq V_i(T_w^*)$. Ainsi, même si la politique de soutien à la R&D bénéficie davantage au pays j , elle permet d'améliorer la situation de son principal financeur, le pays i .

σ	α	ρ	n	ϕ	s_k	λ	ϵ	γ	$V_i(0)$	$V_i(T_w^*)$	$V_j(0)$	$V_j(T_w^*)$
3	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.7	0	0.1	233.12	235.88	230.46	235.5
-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	485.51	491.03	483.2	491.03
-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	488.25	494.44	485.94	494.44
-	-	-	-	-	-	-	-0.5	0.1	149.49	151.36	146.69	150.21
-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	148.62	150.41	145.82	149.13
3	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.3	0.1	0.4	101.14	102.38	98.256	100.56
-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	221.02	223.61	218.33	223.06
-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	341.79	346.10	339.29	346.1
3	0.5	0.05	0.01	0.25	0.65	0.7	0.1	0.4	259.63	262.71	257.01	262.62
-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	260.99	264.06	258.37	263.95
-	-	-	-	0.85	-	-	-	-	262.20	265.23	259.59	265.02
5	0.5	0.05	0.01	0.6	0.65	0.3	0.1	0.4	21.316	21.873	19.757	20.818
10	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4897	8.7205	7.7589	8.7205
5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	19.591	19.949	18.698	19.361
-	0.5	0.1	-	-	-	-	-	-	18.503	19.039	17.78	18.569
-	-	0.05	0.02	-	-	-	-	-	56.141	56.207	54.299	54.8
5	0.5	0.05	0.01	0.8	0.9	0.3	-0.9	0.9	11.919	11.973	7.5817	8.331
-	-	-	-	0.9	-	-	0.9	0	526.03	526.31	523.47	523.48
-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	526.24	526.33	523.66	523.62
-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	527.02	527.20	524.43	525.43
-	-	-	-	0.8	-	-	0.8	0	250.78	251.02	247.49	248.72
-	-	-	-	0.7	-	-	0.9	-	514.57	514.89	512	513.29
-	-	-	-	0.9	0.7	-	-	-	517.99	518.01	516.69	516.85
-	-	-	-	-	0.9	0.6	-	-	1067.2	1067.19	1065.4	1065.41
-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	1611.6	1611.6	1610.2	1610.6

Tableau 2 : Simulations des niveaux de bien-être entre l'état concurrentiel et l'état Benthamien

Concernant les cas spécifiques présentés dans la dernière partie des tableaux 1 et 2, seuls deux cas font apparaître une divergence d'intérêt entre les deux pays (surlignés en gras). Dans le premier cas, la politique optimale au sens de Bentham renvoie à un taux de taxe négatif, c'est-à-dire, que l'Etat devrait non pas subventionner la R&D mais la taxer pour subventionner les activités de production. Dans ce cas, l'économie décentralisée sur-investit en R&D et la politique optimale va réduire l'investissement en R&D, augmenter la concentration spatiale des activités et les inégalités de revenu. Il s'ensuit que le pays i va voir son

bien-être augmenter alors que le pays j verra le sien baisser. Ainsi, la politique optimale au sens de Bentham diffère de celle au sens du critère d'acceptation qui serait fixée à $T_A^* = 0$.

Dans le second cas, un conflit d'intérêt inverse apparaît puisque la politique optimale au sens de Bentham est définie par un taux de taxe positif alors que le taux de taxe optimal du point de vue du principal financeur est négatif ($T_i^* < 0$). Ainsi la politique optimale au sens de Bentham définie par un taux de taxe positif ($T_w^* > 0$) diffère de la politique optimale défini par le critère d'acceptation ($T_A^* = 0$). Si la politique optimale au sens de Bentham était mise en place, le bien-être des résidents du pays i se réduirait alors que celui du pays j augmenterait.

Politique optimale et hypothèses sur les paramètres

A l'exception de la dernière partie du tableau 1, nos simulations font clairement ressortir le rôle des duplications dans les activités de R&D et des externalités de connaissances sur la politique optimale au sens de Bentham. Lorsque nous supposons un taux de duplication de 70% ($\lambda = 0.3$), la politique optimale au sens de Bentham est définie par $T_w^* = 36.7\%$ alors que lorsque ce taux est seulement de 40% ($\lambda = 0.6$), la politique optimale est définie par $T_w^* = 79.55\%$. Le niveau des externalités de connaissances joue également un rôle de premier plan sur le niveau optimal de taxation. En effet, lorsque les externalités de connaissances sont négatives ($\epsilon = -0.5$) le niveau de taxation optimal au sens de Bentham est égal à 59.05% alors qu'il est de 85.55% en absence d'externalités de connaissances ($\epsilon = 0$) et de 100% si les externalités de connaissances sont positives ($\epsilon = 0.5$).

Nos résultats montrent également que le caractère plus ou moins localisé des externalités de connaissances ne jouent pas un rôle de première importance sur le niveau optimal de taxation. D'ailleurs, comme nous l'avons discuté précédemment, lorsque les externalités de connaissances sont négatives, il est préférable que les connaissances produites dans un pays ne soient pas accessibles aux résidents de l'autre pays. Ce résultat est lié au fait qu'en réduisant le stock de connaissances disponibles, le caractère localisé des externalités permet de réduire leurs effets négatifs. Ainsi, lorsque $\epsilon = -0.5$ et que $\gamma = 0.1$, le niveau optimal de taxation au sens de Bentham est de 59.05% alors qu'il est de 54.27% lorsque $\gamma = 0.9$. Finalement, le seul cas où le caractère localisé des externalités de connaissances semble jouer un rôle significatif sur la politique optimale correspond aux cas présentés dans la dernière partie du tableau 1, c'est-à-dire lorsque les externalités de connaissances sont fortement positives. Dans ces situations,

le caractère localisé des externalités de connaissances augmente l'impact négatif de la politique de soutien à la R&D sur le bien-être.

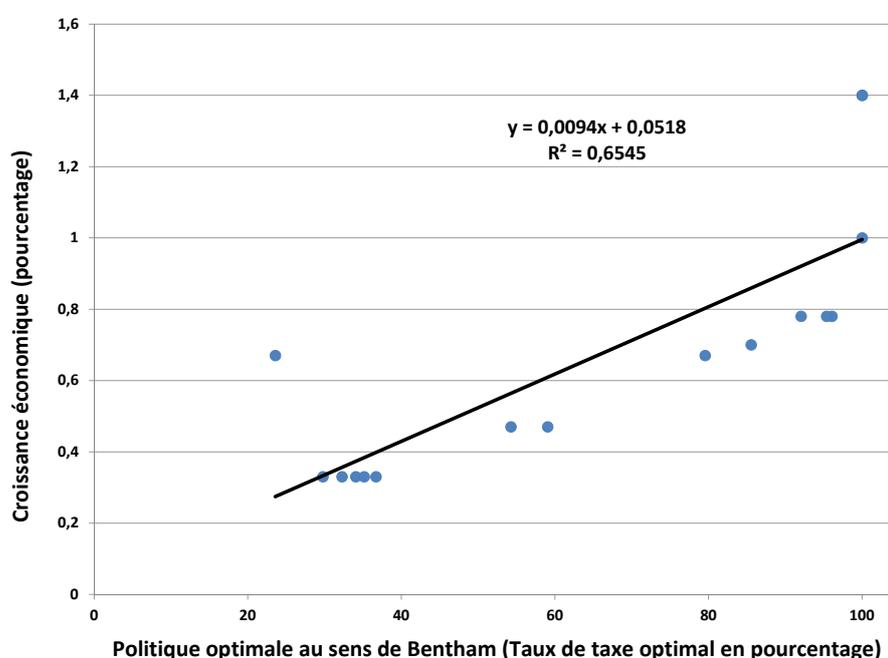
L'influence des autres paramètres du modèle sur la politique optimale au sens de Bentham est étudiée dans la quatrième partie du tableau 1. Il apparaît que plus les biens sont homogènes plus le taux de taxation optimal est faible. Ce résultat est lié au fait que le taux de marge des firmes industrielles est décroissant avec le niveau d'homogénéité des produits. Autrement dit, plus σ est élevé plus la distorsion liée au pouvoir de marché des firmes industrielles est faible et moins le sous-investissement de l'équilibre concurrentiel est important. Cela implique un besoin moindre de soutien à la R&D. Les simulations montrent également que le niveau de taxation optimal est d'autant plus important que les dépenses de consommation pour les biens différenciés sont faibles. La raison est que plus α est élevé plus la part des revenus des ménages liée au revenu du capital est élevée. La politique de soutien à la R&D réduisant la valeur du capital, il s'ensuit, toute chose égale par ailleurs, un effet négatif plus important de la politique sur le revenu nominal lorsque la part des dépenses consacrée aux biens différenciés est élevée. Concernant le taux de préférence pour le présent, plus ce dernier est élevé moins les agents sont incités à épargner et donc à investir en R&D. Il en découle un besoin plus important de soutien à la R&D pour compenser une incitation plus faible à investir. Nos simulations montrent également que plus le taux de croissance de la population active est important plus le niveau optimal de taxation est faible. Cette relation est liée au fait qu'une augmentation de la croissance de la population active augmente la vitesse de dépréciation des actifs (en augmentant le taux de croissance économique) et l'impact négatif de la politique de soutien à la R&D. Ce résultat signifie donc qu'une politique de soutien à la R&D sera plus pertinente pour des économies dont la croissance est fondée sur des externalités de connaissances positives et une faible duplication des activités de R&D que sur l'accroissement de la population active.

Finalement, nous avons cherché à comprendre l'impact d'un approfondissement de l'intégration commerciale entre les deux pays sur le niveau optimal de taxation. Nos résultats montrent que l'approfondissement de l'intégration commerciale réduit légèrement le niveau de taxation optimal lorsque les externalités de connaissances sont positives. Ce résultat est lié au fait que plus les coûts au commerce entre les deux pays sont faibles plus les firmes sont incitées à se localiser dans le pays i qui a la plus grande taille de marché (voir (3.13)). On peut facilement vérifier à partir de (3.31) que plus l'intégration commerciale s'intensifie plus la politique réduit la concentration spatiale des firmes dans le pays à haut revenu ($ds_n/dT d\phi < 0$). Lorsque les externalités de connaissances sont positives, la concentration spatiale est favorable à la croissance de court terme si bien que

la politique aura des effets positifs plus faibles dans un contexte d'approfondissement de l'intégration commerciale. Nous ne présentons pas les simulations dans le cas où les externalités de connaissances sont négatives mais il est évident que nous arriverions à une conclusion inverse. Autrement dit, lorsque les externalités de connaissances sont négatives, le niveau de taxation optimal augmente avec l'approfondissement de l'intégration commerciale. Pour conclure, si le niveau de taxation optimal est influencé par l'intégration commerciale des économies, cet effet semble limité d'une part et fonction du signe des externalités de connaissances d'autre part.

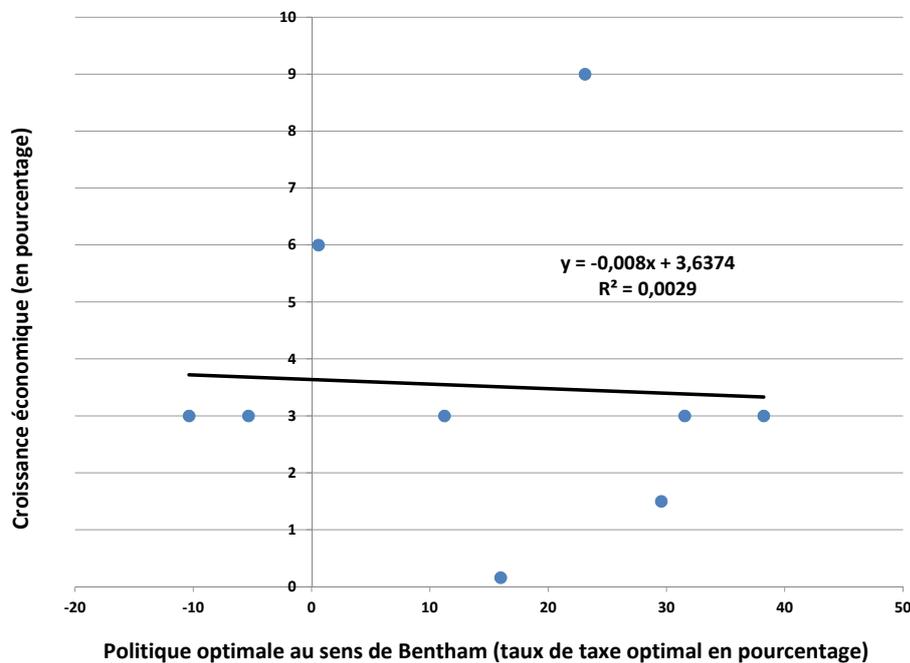
Politique optimale et croissance économique

Pour terminer cette analyse de bien-être, nous cherchons à comprendre s'il existe un lien entre le niveau de croissance économique et le niveau optimal de taxation. Autrement dit, est-ce que nos simulations rendent compte d'une corrélation significative entre le besoin de soutien à la R&D et le taux de croissance à long terme de l'économie ? Pour avoir une idée sur cette question, le graphique ci-dessous représente les couples taux de croissance et politique optimale au sens de Bentham obtenues à partir des simulations des quatre premières parties du tableau 1.



Graphique 1 : Croissance économique et politique optimale

La régression linéaire réalisée sur ce graphique tend à valider l'existence d'une corrélation positive entre le taux de croissance et le niveau optimal de taxation au sens de Bentham puisque le coefficient de détermination est de 0.65. Ainsi, ces simulations suggèrent que plus le taux de croissance à long terme d'une économie est élevé, plus la mise en place d'une politique de soutien aux activités de R&D aura des effets positifs. Cependant, cette relation est vraie si la croissance économique n'est pas prioritairement tirée par le taux de croissance de la population. En effet, la corrélation positive observée s'explique par le fait qu'en dehors du taux de croissance de la population, la croissance à long terme est influencée dans le modèle par le niveau des externalités de connaissances et le niveau des duplications. Plus précisément, il est croissant avec le niveau des externalités de connaissances et décroissant avec le taux de duplication dans les activités de R&D. En conséquence, un taux de croissance plus élevé⁷ correspond à une économie où les défaillances de marché incitent davantage les agents à sous-investir en R&D à l'équilibre décentralisé. Notons cependant que cette corrélation positive entre taux de taxe optimal et croissance n'apparaît plus dans les simulations présentées dans la dernière partie du tableau 1. Ces simulations correspondent à des situations très spécifiques où le lien entre politique optimale et croissance économique est totalement absent comme le montre le graphique ci-dessous.



Graphique 2 : Croissance et politique optimale (cas spécifiques)

⁷A taux de croissance de la population donné.

3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les différents effets d'une politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre et le bien-être d'une économie ouverte composée de deux pays asymétriques. Le modèle développé qui intègre un processus de croissance à la Jones (1995b) et un cadre de localisation à la Martin et Rogers (1995) permet à la fois de lever l'hypothèse forte concernant le niveau des externalités de connaissances retenu dans le modèle du chapitre 2 et de proposer une modélisation plus réaliste en intégrant l'existence de duplication dans les activités de R&D.

Nos résultats montrent qu'une politique de soutien à la R&D va conduire à un état d'équilibre marqué par un niveau d'investissement en R&D plus important, une géographie économique plus dispersée et des inégalités de revenu plus faibles. Si ces effets sont similaires à ceux mis en évidence dans le chapitre précédent, les deux modèles se distinguent sur l'effet de la hausse de l'investissement en R&D sur le taux de croissance. En effet, dans le modèle du chapitre précédent, le taux de croissance est directement lié au montant d'investissement en R&D si bien que la politique exerce un effet positif sur la croissance économique à long terme. Dans le modèle développé dans ce chapitre, ce lien entre volume de ressources consacrées à la R&D et croissance économique est rompu si bien que la politique n'affecte pas le taux de croissance à long terme. En revanche, en modifiant les incitations à investir en R&D et la géographie économique, la politique affecte le taux de croissance à court terme et produit des effets permanents sur le nombre de variétés produites et par conséquent sur le revenu réel des consommateurs.

Cette différence d'impact sur le taux de croissance modifie nettement les effets de la politique sur le bien-être et par conséquent sur le niveau optimal de soutien à la R&D. Nous avons du recourir à des simulations numériques pour déterminer les politiques optimales du fait de la complexité du modèle. Ces dernières mettent clairement en évidence la capacité d'une politique de soutien à la R&D à améliorer le bien-être dans les deux pays même lorsque les activités de R&D sont soumises à de fortes duplications et des externalités de connaissances négatives. Ainsi, il semble que les cas où la politique exerce des effets opposés sur le bien-être de chaque pays soient beaucoup plus restreints que ceux présentés dans le chapitre précédent. Ce résultat est d'autant plus étonnant que le modèle développé dans ce chapitre intègre davantage d'incitation à sur-investir en R&D. Cette différence est directement liée à un rôle plus faible du caractère localisé des externalités de connaissances dans ce modèle. En effet, l'utilisation d'un processus de croissance semi-endogène réduit l'importance de la diffusion spatiale des externalités de connaissances mais accroît l'importance de ces externalités.

D'ailleurs, lorsque les externalités de connaissances sont négatives, une diffusion spatiale plus limitée des connaissances devient positive pour le bien-être.

Nos simulations soulignent le rôle de premier plan des duplications et du niveau des externalités de connaissances sur le niveau optimal de soutien à la R&D alors que celles réalisées sur le modèle du chapitre précédent mettaient clairement l'accent sur le rôle de la diffusion spatiale des connaissances. Il en résulte bien évidemment des enseignements différents sur les politiques à mener pour augmenter les effets positifs des mesures directes de soutien à la R&D. Les résultats obtenus dans ce chapitre plaident pour le développement des programmes de coopération dans les activités de R&D afin de réduire les duplications et de mieux internaliser les externalités de connaissances. En revanche, les résultats obtenus dans le chapitre précédent plaident davantage pour le développement des infrastructures de communication et de la capacité d'absorption afin de réduire le caractère localisé des externalités de connaissances.

Malgré ces différences, les modèles développés dans ce chapitre et le chapitre précédent arrivent à la conclusion que la mise en place d'une politique centralisée de soutien à la R&D exerce des effets bénéfiques sur le bien-être car elle permet de corriger (au moins partiellement) certaines défaillances de marché. Par ailleurs, les instruments permettant de renforcer les effets positifs d'une politique de soutien à la R&D ne sont pas contradictoires dans le sens où la coopération dans les activités de R&D (et notamment les coopérations internationales) peuvent réduire les problèmes de duplication et d'externalités de connaissances tout en améliorant les capacités d'absorption et d'accès aux nouvelles connaissances. Face à l'intégration commerciale croissante des économies, nous avons également essayé de comprendre l'influence de cette dernière sur les effets de la politique envisagée. Nos simulations montrent que l'approfondissement de l'intégration commerciale affecte relativement marginalement le niveau optimal de soutien à la R&D et ne semble pas à même de remettre en cause l'utilité d'une telle politique entre deux pays asymétriques.

Précisons que nous n'avons pas présenté d'analyse de politiques différenciées dans ce chapitre car les résultats que nous obtiendrions seraient strictement identiques à ceux présentés dans le précédent chapitre. Par conséquent, nous savons qu'une politique différenciée sur le financement des aides à la R&D est la politique la plus efficace alors qu'une politique différenciée sur l'allocation des subventions est la moins efficace. Sur la base de ce résultat et des précédents, il apparaît que les augmentations successives de dotations du Programme Cadre de Recherche et Développement Européen qui est le principal instrument communautaire de soutien à la R&D soient relativement justifiées. En effet, cette

politique, dont le financement est relativement proche (dans le principe) de celui de nos modèles, finance majoritairement des projets de R&D réalisés en collaborations entre acteurs de différents pays sur la base de l'excellence scientifique. Les dotations de ce programme étant principalement allouées de manière compétitive aux grands acteurs européens de la R&D, on peut dire que cette politique n'a pas vocation à combler un écart de productivité entre pays. Cette dernière remarque est à mettre en lien avec les résultats obtenus sur les politiques différenciées qui montrent l'importance de ne pas utiliser les politiques de soutien à la R&D comme des outils d'aménagement du territoire.

Annexe 1 : Impact de la politique de soutien à la R&D sur l'état d'équilibre

- Impact de la politique sur le niveau d'investissement en R &D

En utilisant l'expression (3.26), l'impact de la politique publique sur le niveau d'investissement en R&D est donné par :

$$\frac{dI}{dT} = \frac{2\alpha(1-\epsilon)(\rho-n)(\sigma-\alpha)[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]}{[(\rho-n)(1-\epsilon)(\sigma-\alpha+T\alpha)+n\sigma\lambda]^2} > 0$$

- Impact de la politique sur les revenus nominaux d'équilibre

En utilisant les expressions (3.28) et (3.29), l'impact de la politique publique sur les revenus nominaux est donné par :

$$\begin{aligned} \frac{dE_i}{dT} &= -\frac{2\alpha\sigma s_A(1-\epsilon)(\rho-n)[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]}{[(\rho-n)(1-\epsilon)(\sigma-\alpha+T\alpha)+n\sigma\lambda]^2} < 0 \\ \frac{dE_j}{dT} &= -\frac{2\alpha\sigma(1-s_A)(1-\epsilon)(\rho-n)[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]}{[(\rho-n)(1-\epsilon)(\sigma-\alpha+T\alpha)+n\sigma\lambda]^2} < 0 \end{aligned}$$

- Impact de la politique sur l'inégalité de revenu

En utilisant l'expression (3.30), l'impact de la politique publique sur les inégalités de revenu est donné par :

$$\frac{ds_e}{dT} = -\frac{\alpha(1-\epsilon)(\rho-n)(2s_A-1)}{2\sigma[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]} < 0$$

- Impact de la politique sur la concentration spatiale du secteur industriel

En utilisant l'expression (3.31), l'impact de la politique publique sur les inégalités de revenu est donné par :

$$\frac{ds_n}{dT} = -\frac{\alpha(1+\phi)(1-\epsilon)(2s_A-1)(\rho-n)}{2\sigma(1-\phi)[(\rho-n)(1-\epsilon)+n\lambda]} < 0$$

Annexe 2 : Conditions sous lesquelles la politique augmente le nombre de variétés produites

Dans cette annexe nous exprimons la condition nécessaire pour que la politique publique exerce un effet positif sur la production de variétés. Notons qu'à l'état d'équilibre le taux de croissance g est constant par définition. Par conséquent, la politique de soutien à la R&D va affecter le nombre de variétés produites via son impact sur l'investissement d'équilibre en R&D d'une part, et sur la géographie des activités économiques, d'autre part (qui vont eux-mêmes affecter le taux de croissance à court terme). Ainsi, à partir de (3.34), on peut exprimer l'impact d'une hausse du taux de taxe sur le nombre de variétés produites à la période t comme :

$$\frac{dN_w}{dT} = \left(\frac{L^\lambda}{gI^\lambda W^\epsilon} \right)^{1/(1-\epsilon)} \left[\frac{\lambda}{I^*} \frac{dI^*}{dT} + \frac{\epsilon(1-\lambda)}{W} \frac{ds_n}{dT} \right]$$

Nous avons montré qu'une hausse du taux de taxe se traduit par une augmentation de l'investissement en R&D ($dI/dT > 0$) et une réduction de la concentration spatiale des activités industrielles ($ds_n/dT < 0$). Ainsi, lorsque $\epsilon < 0$, une augmentation du taux de taxe se traduira par une augmentation du nombre de variétés produites à chaque période $dN_w/dT > 0$. En revanche, lorsque $\epsilon > 0$, l'effet net de la politique dépend des valeurs de paramètres puisque l'effet positif de la politique sur l'investissement en R&D est contrebalancé (au moins partiellement) par l'effet négatif induit par une concentration spatiale plus faible. Dans ce qui suit, nous allons donc déterminer la condition sous laquelle lorsque $\epsilon > 0$, une hausse du taux de taxe augmente le nombre de variétés produites. Pour cela nous cherchons à connaître la condition sous laquelle :

$$\left[\frac{\lambda}{I^*} \frac{dI^*}{dT} + \frac{\epsilon(1-\lambda)}{W} \frac{ds_n}{dT} \right] > 0$$

En utilisant les expressions (3.26), (3.31) ainsi que celles de leur dérivée respective, nous pouvons réécrire notre condition comme :

$$\frac{\lambda[(\rho - n) + g](\sigma - \alpha)}{[T(\rho - n) + g][(\rho - n)(\sigma - \alpha + T\alpha) + g\sigma]} > \frac{\epsilon\alpha(1 + \phi)(2s_A - 1)(1 - \lambda)}{\sigma[(\rho - n) + g](1 - \phi)(1 + \lambda) + (\rho - n)\alpha(2s_A - 1)(1 - T)(1 + \phi)(1 - \lambda)}$$

Dans un second temps, nous exprimons cette condition sous la forme $f(s_A) = as_A + b > 0$. Dans $f(s_A)$, a peut-être négatif ou positif si bien que nous devons

chercher les conditions sous lesquelles $a \stackrel{\geq}{\leq} 0$. Pour ce faire nous exprimons a comme $f(T) = zT^2 + bT + c$ avec $z < 0$. En annulant $f(T)$, nous obtenons deux racines :

$$T_1 = - \left(\frac{(g - n + \rho) \sqrt{(\sigma - \alpha)[(\lambda^2 + \epsilon^2)(\sigma - \alpha) + 2\lambda(\alpha + \sigma)\epsilon]}}{2\alpha\epsilon(\rho - n)} \right) - \frac{g\lambda(\sigma - \alpha) + g\epsilon(\alpha + \sigma) + (\epsilon + \lambda)(\sigma - \alpha)(\rho - n)}{2\alpha\epsilon(\rho - n)}$$

$$T_2 = \left(\frac{(g - n + \rho) \sqrt{(\sigma - \alpha)[(\lambda^2 + \epsilon^2)(\sigma - \alpha) + 2\lambda(\alpha + \sigma)\epsilon]}}{2\alpha\epsilon(\rho - n)} \right) + \frac{g\lambda(\sigma - \alpha) + g\epsilon(\alpha + \sigma) + (\epsilon + \lambda)(\sigma - \alpha)(\rho - n)}{2\alpha\epsilon(\rho - n)}$$

Ainsi, nous savons que a est positif si et seulement si $T \in]T_1, T_2[$. Déterminons maintenant le niveau de s_A tel que $f(s_A) = 0$. Cette valeur est donnée par :

$$s_A^* = \frac{1}{2} + \frac{\lambda\sigma(g + \psi)^2(1 - \phi)(1 + \gamma)(\sigma - \alpha)}{2\alpha(1 + \phi)(1 - \gamma)[\epsilon(g\sigma + \psi(\sigma - \alpha + T\alpha))(g + T\psi) - \lambda\psi(\sigma - \alpha)(1 - T)(g + \psi)]}$$

$$\psi = (-n + \rho)$$

Ainsi on peut déterminer les conditions sous lesquelles dN_w/dT est positif :

$$\frac{dN_w}{dT} > 0 \text{ si } (s_A > s_A^* \wedge T \in]T_1, T_2]) \vee \text{ si } (s_A < s_A^* \wedge (T \in]-\infty; T_1[\vee]T_2; +\infty[))$$

Chapitre 4

Intensité de l'investissement privé au sein de l'OCDE : impacts et complémentarité des aides financières à la R&D

4.1 Introduction

La Commission Européenne, dans le cadre de la "Stratégie Europe 2020"¹, a fixé un objectif d'investissement en R&D équivalent à 3% du PIB dont les 2/3 doivent être financés par le secteur privé. Cet objectif semble toutefois ambitieux au regard de la réalité puisque l'investissement total de l'UE en R&D s'est établi à 2% du PIB en 2009 et celui des entreprises à 1,09% du PIB (source : Eurostat). Par conséquent, si l'intensité de l'investissement public est proche de son objectif (0,91% vs 1%), l'intensité de l'investissement privé reste très en dessous (1,09% vs 2%).

La fixation d'objectifs concernant l'intensité des dépenses de R&D n'est pas une spécificité européenne puisque l'ensemble des pays de l'OCDE ont fixé de tels objectifs comme l'illustre le tableau de l'annexe 1. Cela montre que les pouvoirs publics partagent la vision selon laquelle l'existence de nombreuses défaillances de marché crée un écart entre rendement privé et rendement social qui conduit les firmes à sous-investir en R&D. Cette vision justifie la mise en

¹Les objectifs de la "Stratégie Europe 2020" reprennent les objectifs de l'agenda de Lisbonne (2000) concernant la R&D. Pour toute information, voir : http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm

place de politiques publiques de soutien à la R&D privée afin d'augmenter le rendement ou de réduire le coût de la R&D. Dans le cadre de ce chapitre, nous nous concentrons plus spécifiquement sur les mesures de soutien financier à la R&D privée (contrats, subventions, mesures fiscales).

Cependant, même en partant de l'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D, la justification d'aides financières suppose qu'elles produisent pleinement leurs effets incitatifs sur les décisions d'investissement des firmes. Or, au regard des données sur l'investissement en R&D du secteur privé, on peut s'interroger sur la capacité de ces mesures à produire des effets incitatifs suffisants. En effet, l'intensité de la R&D financée par le secteur privé dans l'UE est passé de 1,03% du PIB en 1999 à 1,09% en 2009 alors que, dans de nombreux pays, le coût des mesures nationales de soutien à la R&D a nettement augmenté et que les programmes communautaires pour la R&D ont vu leur dotations fortement augmenter (Programme Cadre de Recherche et Développement notamment). De même, on constate que les pays de l'UE dont l'investissement privé en R&D est proche ou supérieur à l'objectif de 2% du PIB (Danemark, Allemagne, Finlande, Suède) sont des pays où les aides directes (subventions et contrats) et indirectes à la R&D (mesures fiscales) sont moins importantes que dans la moyenne de l'UE et de l'OCDE.

Au-delà de ces constats statistiques, la littérature évoque de nombreux éléments qui peuvent limiter l'impact positif des aides financières à la R&D privée. Au niveau microéconomique par exemple, les entreprises peuvent être incitées à substituer (partiellement) les aides publiques ou les gains fiscaux obtenus à leur propre effort de R&D. Au niveau sectoriel, il est possible que certaines mesures génèrent des distorsions importantes sur l'allocation du capital conduisant à des effets de substitution entre firmes et secteurs. Au niveau macroéconomique, il est possible que les stimuli publics augmentent le coût des inputs de la R&D (du fait des tensions sur l'offre) et ne permettent pas d'augmenter les incitations privées à investir en R&D.

Si la littérature empirique évaluant l'impact des aides financières sur l'investissement privé en R&D est riche², elle a deux principales spécificités comme le soulignent Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003). D'une part, la grande majorité des études évalue la capacité d'une mesure spécifique à exercer un effet d'additionalité (de levier) sur l'investissement privé en R&D. D'autre part, ces études sont essentiellement menées au niveau microéconomique. Au final, à notre connaissance, il n'existe aujourd'hui que trois études analysant

²Voir les revues de David et al. (2000), Hall et Van Reenen (2000), Mairesse et Lentille (2009) et Bérubé et Mohnen (2009).

l'impact des différentes aides financières à la R&D au niveau macroéconomique (Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie 2003, Shin 2006, Falk 2006). Pourtant, elles fournissent une idée de l'effet global des différents instruments et permettent de tester l'existence d'effets de complémentarité ou de substitution entre ceux-ci. Même si les données macroéconomiques disponibles ne permettent que de distinguer les aides directes (contrats et subventions) des aides indirectes (mesures fiscales), elles peuvent fournir des résultats intéressants pour la définition de policy-mix puisque ces deux types de soutien à la R&D reposent sur des mécanismes incitatifs très différents.

Même si l'objectif des aides financières à la R&D ne se limite pas à l'augmentation de l'investissement des firmes en R&D, il nous paraît important d'investir cette question trop peu traitée au niveau macroéconomique. Dans ce chapitre, nous essayons d'apporter des éléments relatifs à trois questions centrales : Est-ce que les aides directes et indirectes permettent d'augmenter l'intensité de la R&D financée par le secteur privé ? Ces aides agissent-elles comme des compléments ou des substituts dans cet objectif ? Les aides financières extérieures (des autres pays) affectent-elles l'intensité de l'investissement privé national en R&D et sont-elles complémentaires ?

Si de nombreuses études traitent de la première question, beaucoup moins s'intéressent aux deux autres. Elles apparaissent pourtant fondamentales dans un contexte d'internationalisation croissante des activités de R&D (Hall, 2011) et de restriction budgétaire, ne serait-ce que pour apporter des éléments sur la complémentarité interne et externe des politiques de soutien à la R&D privée (voir Wilson, 2009).

Nos résultats, obtenus sur un échantillon de 25 pays de l'OCDE durant la période 1990-2007, font apparaître une différence claire dans la capacité des aides directes et indirectes à augmenter l'intensité de l'investissement privé en R&D. En effet, alors que les aides indirectes augmentent significativement l'investissement des firmes en R&D, nos résultats montrent une relative neutralité des aides directes. Cette différence d'impact apparaît d'autant plus importante que ces deux outils semblent être des substituts pour augmenter l'intensité de l'investissement privé en R&D. Ces effets de substitution entre instruments déjà mis en avant par Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) doivent être pris en compte pour optimiser l'impact d'un mix de mesures directes et indirectes sur l'investissement privé. Concernant la complémentarité externe, dans l'ensemble, nos résultats ne montrent pas d'influence très forte des aides financières extérieures (directes et indirectes). Ce résultat combiné avec les précédents appuie les études empiriques rendant compte d'un impact marginal des

aides publiques sur la localisation des activités de R&D. Ainsi, l'existence d'une concurrence fiscale à la R&D au sein de l'OCDE ne serait que peu préjudiciable dans le sens où nos résultats indiquent que les mesures nationales permettent davantage de dynamiser l'investissement interne que d'attirer des investissements externes. L'absence d'influence significative des aides extérieures sur l'investissement privé national en R&D signifie qu'elles ne réduisent pas l'efficacité des aides internes. Ce résultat doit être mis en relation avec ceux de Wilson (2009) qui rendent compte d'effets d'éviction importants entre aides indirectes locales dans l'objectif de fournir une indication sur la bonne échelle géographique pour mettre en place ces mesures. En effet, si les aides locales sont inefficaces au niveau d'un pays et que les aides extérieures n'exercent pas d'effets significatifs, alors l'implémentation d'aides directes et indirectes au niveau national semble souhaitable. Au-delà de ces résultats sur les aides financières à la R&D, notre étude souligne l'importance des conditions générales de financement pour l'investissement privé en R&D. Elle suggère aussi que les externalités positives de la R&D publique seraient davantage globales que nationales. Ces éléments laissent penser que l'utilisation plus importante de mesures de financements préférentiels et le développement de la coopération dans les programmes de R&D publique seraient des éléments de nature à favoriser l'investissement des firmes en R&D.

La suite de cet article est organisée de la façon suivante. La section 2 propose une revue de la littérature évaluant la capacité des aides financières à la R&D à générer un effet de levier sur l'investissement des firmes en R&D. Dans la section suivante, nous présentons les modèles empiriques testés ainsi que les données utilisées. La section 4 propose une courte analyse graphique afin de caractériser les tendances au sein de l'OCDE. La section 5 expose la stratégie d'estimation utilisée et présente nos résultats. Finalement, nous présentons nos conclusions dans la section 6.

4.2 Les aides financières à la R&D privée : une présentation générale

4.2.1 Aides directes vs indirectes : une distinction nécessaire

Comme le soulignent David et al. (2000, p.52) :

"[...] two main policy instruments may be identified : tax incentives that reduce the cost of R&D, and direct subsidies that raise the private marginal rate of return on investment in such activities. Although not strictly necessary, the primary difference in execution between these two policy instruments is that the former typically allows the private firms to choose projects, whereas the latter usually is accompanied by a government directed project choice, either because the government spends the funds directly or because the funds are distributed via grants to firms for specific projects or research areas"

Partant de ce constat, il nous a paru important de montrer plus généralement l'intérêt de distinguer les aides financières directes (contrats³ et subventions) des aides financières indirectes (mesures fiscales comme les crédits d'impôt, les déductions fiscales,...) à la R&D. Si dans ce chapitre nous nous limitons aux effets de ces aides financières sur l'investissement privé en R&D, l'intérêt de leur distinction est d'autant plus visible que nous tenons compte de leur coût et de leur impact potentiel sur le bien-être.

Comme le souligne David et al. (2000), les économistes et experts mettent souvent en avant le côté "friendly market" des mesures fiscales qui laissent les décisions et la gestion des investissements en R&D aux entreprises et peuvent bénéficier potentiellement à l'ensemble des firmes réalisant de la R&D (contrairement aux aides directes). Par ailleurs, il est souvent reproché aux aides directes de ne pas être allouées de façon optimale et d'être coûteuses en termes de gestion. Cependant, de nombreux économistes soulignent aussi les limites des aides indirectes notamment en termes d'impact potentiel sur le bien-être. Dans l'idéal, ces mesures incitatives doivent promouvoir la réalisation de projets pour lesquels l'écart entre rendement social et rendement privé est le plus important. Or, il est clair que d'un point de vue microéconomique, les firmes vont financer les projets

³Qui représentent la part la plus importante des mesures de soutien direct selon David et al. (2000) car elle inclut l'ensemble des contrats de R&D attribués aux entreprises privés du secteur aéronautique et militaire.

qui ont les rendements privés les plus importants et non les projets où l'écart entre rendement social et privé est le plus significatif. A l'inverse, les aides directes, souvent allouées par une mise en concurrence de projets de R&D sur des domaines ou sujets prédéfinis par les autorités publiques, devraient permettre de mieux cibler les projets ayant un rendement social important. Enfin, si les aides indirectes ne nécessitent pas la mise en place d'une ligne budgétaire dédiée (et son financement), leur coût en termes de perte de revenu est difficilement prévisible.

Bien évidemment de nombreux autres éléments différencient les aides financières directes des aides financières indirectes. Le tableau ci-dessous, qui est inspiré de Carvalho (2011), propose une vue d'ensemble des principaux avantages et inconvénients, en termes de coût, d'efficacité et d'impact social, des aides directes et indirectes à la R&D.

	Avantages	Inconvénients
Aides directes	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptées pour cibler les activités et projets pour lesquels l'écart entre rendement privé et social est important • Théoriquement, la concurrence entre firmes assure que les fonds publics sont utilisés pour les meilleurs projets de R&D • Peut être utilisé pour réduire les effets du cycle économique sur l'investissement des firmes en R&D • Peut encourager la coopération et le transfert de technologies et ainsi renforcer les externalités de connaissance • Permet un contrôle du coût des mesures • Peut constituer un effet de réputation pour les firmes financées et ainsi réduire leur coût du capital (PME) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts administratifs élevés pour les firmes et les pouvoirs publics • Impossible à implémenter pour un nombre très important de projets • Cause des distorsions de marchés dans l'allocation des ressources entre différents domaines de R&D et entre firmes. • Sélection des projets qui a tendance à récompenser les lobbies. La pression liée aux objectifs de résultats des politiques mises en place induit un risque de sélectionner des projets ayant de forte probabilité de réussir, i.e., des projets à fort rendement privé qui auraient été menés sans aide publique • Nombreuses sources d'éviction potentielle car les mesures de soutien direct sont ciblées et affectent le rendement de la R&D.
Aides indirectes	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures plus neutres car encourage l'investissement en R&D pour l'ensemble des firmes (même s'il peut également être ciblé sur certains secteurs) et notamment les PME • Les entreprises décident des projets sur lesquels investir • Réduit le risque de marchés publics truqués • Ne nécessite pas de mettre à disposition une ligne de budget car le coût ne s'exprime qu'en perte de revenu fiscal • Coûts de mise en place et de gestion relativement faible (bien que l'OCDE (2001) tempère cela) • Les mesures fiscales réduisent directement le coût de la R&D ce qui réduit théoriquement les sources d'éviction potentielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficile de contrôler le coût des mesures • Effets limités pour les firmes ne réalisant pas assez de profit ou réalisant des investissements trop importants en R&D (grandes entreprises) car elles ne bénéficient pas au maximum des mesures fiscales • Risque d'éviction non négligeable car ces mesures peuvent réduire le coût de projets qui auraient de toute façon été menés (notamment dans le cas d'un crédit d'impôt en volume) • Incitations fiscales favorisent les projets de R&D ayant le rendement privé le plus élevé à court terme. Ainsi, les projets avec un rendement social élevé et long ne seront pas favorisés par ce type de mesure • Externalités de connaissances générées faibles puisque les firmes décident des projets et que la coopération est très rarement une condition d'éligibilité

Pour que les aides financières à la R&D aient un effet macroéconomique positif sur l'investissement privé en R&D, il faut que ces mesures exercent un effet incitatif suffisant et n'engendrent pas d'effets externes négatifs importants. La littérature⁴ distingue trois effets pouvant réduire l'effet positif de ces mesures.

⁴Voir Capron et al. (1997), David et al. (2000), Hall et Van Reenen (2000).

Au niveau microéconomique, elles peuvent ne servir qu'à financer des projets de R&D qui auraient été de toute façon financés ou ne pas être utilisées pour augmenter les dépenses de R&D. Dans ce cas, les fonds publics se substituent (partiellement) au financement privé de la R&D. Au niveau sectoriel, les aides financières à la R&D peuvent perturber l'allocation du capital au profit de certaines firmes et/ou secteurs et ainsi avoir un effet global faible voir négatif. En effet, même si ces mesures incitent les firmes qui en bénéficient à augmenter leur investissement en R&D, elles peuvent créer des distorsions vis à vis des entreprises et secteurs qui n'en bénéficient pas (ou très peu) et réduire l'investissement de ces derniers en R&D⁵. Finalement, au niveau macroéconomique, les aides financières à la R&D peuvent créer des tensions sur le prix des inputs de la R&D et notamment sur le principal d'entre eux, à savoir, le travail. En effet, la mise en place d'un programme important d'aide à la R&D privée peut se traduire par une augmentation sensible de la demande d'inputs. Le stock de personnel qualifié pour les activités de R&D étant relativement peu flexible à court terme, la hausse de la demande va exercer une pression à la hausse des salaires. Cela aura pour conséquence d'augmenter le coût marginal de la R&D et se traduira, toute chose égale par ailleurs, par une réduction de l'investissement privé en R&D.

Dès lors, une question naturelle est de savoir si ces effets sont de même amplitude pour les aides directes et indirectes. Selon David et al. (2000, p.502) :

"Because a tax credit directly reduces the marginal cost of R&D, one would not expect to see "crowding out" effects on industrial R&D spending except via the channel of an increase in the real cost of R&D (if the inputs are inelastic supply)"

Ce constat mérite cependant de préciser les conditions qu'il suppose. En effet, si un Etat met en place un crédit impôt recherche en volume, celui-ci va bénéficier à l'ensemble des firmes réalisant des activités de R&D alors que certaines n'augmenteront pas leur investissement dans ces activités suite à sa mise en place. En revanche, si l'Etat met en place un crédit d'impôt incrémental, alors les firmes devront augmenter leur effort d'investissement pour en bénéficier. De même, pour que la mise en place de mesures fiscales ne créent pas de distorsion entre firmes et secteurs, il faut qu'elles s'appliquent de manière uniforme à l'ensemble des secteurs, qu'elles concernent l'ensemble des dépenses de R&D et qu'il n'existe pas de seuils. Ainsi, la réponse de David et al. (2000) est valable sous des conditions très restrictives et peu réalistes. De ce fait, il apparaît difficile de

⁵Par exemple, les firmes subventionnées peuvent réussir avec une probabilité plus grande et dans un délai plus court la commercialisation d'innovations ce qui peut réduire le rendement espéré des projets de R&D des firmes non aidées.

savoir si les effets limitant l'efficacité des mesures de soutien indirect sont plus (moins) fortes que ceux limitant l'efficacité des mesures de soutien direct.

Ces différents éléments montrent l'importance et l'intérêt de distinguer les aides directes des aides indirectes pour notre propos et plus généralement pour la réalisation d'évaluation des aides financières à la R&D. Bien évidemment, une distinction plus fine de ces mesures serait encore plus pertinente. Par exemple, on pourrait distinguer les mesures fiscales ciblées des mesures non ciblées et concernant les aides directes, il serait intéressant de distinguer les contrats de R&D des subventions qui sont souvent allouées de manière plus concurrentielle. Cependant, les données macroéconomiques disponibles ne nous permettent pas un niveau d'analyse aussi fin. La suite de cette section propose une présentation synthétique des résultats de la littérature empirique concernant l'impact des aides financières sur l'investissement des firmes en R&D. La nécessaire distinction entre aides directes et indirectes nous conduit à décomposer cette revue en trois parties. La première présente les résultats empiriques portant uniquement sur les aides directes (au niveau micro et macro). La seconde présente les résultats des études empiriques portant uniquement sur les aides indirectes (au niveau micro et macro). Finalement, la dernière présente les résultats des études macroéconomiques analysant simultanément l'influence de ces deux types d'instruments.

4.2.2 Impact des aides financières directes sur la R&D privée : des résultats contrastés

La littérature étant riche sur le sujet, il existe plusieurs articles synthétisant les résultats empiriques obtenus⁶. L'article de Capron et al. (1997) analyse les résultats de 19 études et aboutit à la conclusion que, d'un point de vue global, les mesures de soutien directes génèrent un effet de levier (d'additionalité) sur la R&D privée. Cela signifie que les fonds publics reçus sont entièrement utilisés pour financer des activités de R&D mais aussi qu'ils génèrent un effet additionnel sur l'incitation des firmes à investir en R&D (ainsi 1 euro de subventions se traduira par un surcroît d'investissement privé supérieur à 1 euro). Ce constat très positif doit cependant être relativisé. En effet, comme le souligne Capron et al. (1997), lorsque l'on se focalise sur les études microéconomiques alors les résultats sont beaucoup plus contrastés. En outre, si les études macroéconomiques de Levy et Terleckyj (1983) et de Lichtenberg (1987)⁷ montrent un

⁶Voir les revues de Capron et al. (1997) et David et al. (2000)

⁷Ces deux études sont réalisées sur données américaines.

effet de levier significatif des aides directes, l'étude de Levy (1990) sur 9 pays de l'OCDE montre qu'il existe une forte hétérogénéité entre pays. En effet, ses résultats montrent que si les mesures de soutien direct ont un effet de levier aux Etats-Unis, au Japon, en France, en Allemagne et en Suède, elles semblent avoir un effet de substitution au Pays-Bas et au Royaume-Uni⁸.

Par ailleurs, Capron et al. (1997) soulignent le fait que la majorité de ces études ne prennent pas en compte certaines caractéristiques déterminantes de l'investissement en R&D et de l'allocation des aides publiques directes à la R&D. La plus importante d'entre elles (au niveau macroéconomique) est l'absence d'une spécification intégrant un processus d'ajustement de l'investissement des firmes en R&D. Or, les dépenses de R&D sont essentiellement constituées d'investissements de long terme ce qui fait que le niveau d'investissement antérieur en R&D est un déterminant premier de l'investissement courant en R&D. D'ailleurs, les auteurs notent que les deux études⁹ introduisant un processus dynamique rendent compte d'un effet de substitution des aides directes sur l'investissement privé en R&D. La seconde caractéristique importante (notamment pour les études micro) non prise en compte concerne l'hypothèse d'exogénéité des aides directes. En effet, il est clairement admis que les subventions, contrats et prêts ne sont pas alloués de manière aléatoire par les pouvoirs publics. La non prise en compte de ce biais de sélection peut expliquer la présence d'une relation positive entre R&D privée et mesures de soutien direct.

Afin de proposer une estimation macroéconomique plus satisfaisante de l'effet des aides directes sur l'investissement privé en R&D, Capron et al. (1997) testent sur 7 pays de l'OCDE une spécification intégrant un processus d'ajustement dynamique. Leurs résultats sont assez différents de ceux de Levy (1990) puisque les aides publiques directes ne semblent générer un effet de levier sur l'investissement privé en R&D qu'au Royaume-Uni. A l'inverse, un effet de substitution est visible au Canada, en France et en Italie¹⁰. Puisque les données sur la R&D des entreprises sont obtenues par agrégation de données sectorielles, les auteurs cherchent à évaluer l'importance des distorsions sectorielles induites par ces mesures. Pour cela, ils estiment l'effet marginal pondéré des aides directes¹¹.

⁸Par ailleurs, aucun effet marginal significatif n'est présent en Suisse et en Italie.

⁹Nadiri (1980) utilise des données sur les industries américaines produisant des biens durables et Fölster et Trofimov (1996) utilisent des données individuelles sur des entreprises suédoises.

¹⁰Les mesures de soutien direct ne semblent pas avoir un effet significatif dans les autres pays (Etats-Unis, Allemagne, Japon).

¹¹Cela signifie qu'après avoir estimé l'effet marginal pour chaque industrie, ils pondèrent ces effets en utilisant la part des aides directes nationales allouée à chaque industrie. On obtient donc, pour chaque pays, la moyenne pondérée des effets marginaux de chaque industrie.

Les résultats obtenus sont nettement différents des estimations sans pondération ce qui démontre que les aides directes génèrent d'importants effets externes entre industries¹². Puisque l'effet marginal pondéré des aides directes est supérieur à leur effet sans pondération pour presque tous les pays, les externalités liées à la mise en place d'aides directes génèrent des distorsions négatives pour l'investissement global en R&D.

Quelques années plus tard, David et Hall (2000) propose une revue de littérature plus complète tenant compte de 30 études économétriques réalisées entre 1966 et 1999. Globalement, les conclusions sont similaires à celles de Capron et al. (1997), c'est-à-dire que la majorité des études supportent l'idée d'un effet de levier des aides financières directes. En revanche, si l'on s'intéresse aux seules approches microéconomiques, les résultats sont très contrastés puisque la moitié des études montre un effet de levier alors que l'autre moitié montre un effet de substitution. Il est intéressant de noter qu'à ce niveau d'analyse, les méthodes économétriques permettant de tenir compte de l'endogénéité des aides directes arrivent toutes à la conclusion d'un effet de substitution¹³. Les résultats des études macroéconomiques convergent quant à elles quasi-unanimement vers l'idée d'un effet de levier. Cependant, David et Hall (2000) soulignent que les problèmes de spécification et d'estimation de ces études¹⁴ laissent penser qu'elles sur-estiment l'effet positif des aides publiques directes à la R&D.

Ainsi, les revues proposées par Capron et al. (1997) et David et Hall (2000) montrent un certain contraste entre les résultats des études menées au niveau microéconomique et celles menées au niveau macroéconomique. David et Hall (2000) soutiennent l'idée que cette différence pourrait être liée en partie à la non prise en compte (au niveau macroéconomique) de l'impact des aides directes sur le coût des inputs de la R&D. Goolsbee (1998) montre à partir de données américaines qu'une augmentation des aides directes a un effet significatif sur la hausse des salaires des ingénieurs et chercheurs. Selon l'auteur, la non prise en compte de cet effet-prix implique que les estimations macroéconomiques proposées par la littérature sur-estiment de 30 à 50% l'effet de ces mesures. L'étude de Wolff et Reinthaler (2008) menée sur un panel de 15 pays de l'OCDE entre 1981 et 2002 semble accrédi-ter cette thèse. En effet, ils montrent que si les aides directes ont

¹²Ces effets externes inter-industries renvoient au fait qu'une subvention accordée à une certaine industrie peut avoir un effet de stimulation ou d'inhibition sur l'investissement en R&D des autres industries, notamment celles qui sont proches technologiquement ou économiquement.

¹³Voir les études économétriques de Lichtenberg (1988), Toivanen et Niininen (1998) et Wallsten (2000).

¹⁴Non prise en compte du problème d'endogénéité des aides directes et absence de processus d'ajustement.

un effet positif sur les dépenses de R&D des firmes, elles n'ont pas d'influence significative sur le nombre de chercheurs employés par ces entreprises. Comme le principal input de la R&D est le travail, ce résultat suggère que l'effet positif des aides directes observé au niveau macroéconomique reflète essentiellement une hausse du salaire des chercheurs.

Les résultats fournis par la littérature sur l'impact des aides directes à la R&D privée sont donc assez ambigus. En effet, au niveau microéconomique, l'idée d'un effet de levier des aides directes ne semble pas être l'hypothèse la plus probable et au niveau macroéconomique, la non prise en compte des effets inter-industries et de l'effet-prix sur les inputs laisse à penser que ces études sur-estiment assez nettement l'effet positif des aides directes sur l'investissement des firmes en R&D. Cette absence de conclusion claire concernant les aides directes est renforcée par la méta-analyse réalisée par Garcia-Quevedo (2004) sur 39 études économétriques. En retenant de nombreux éléments¹⁵ qui pourraient expliquer les différences de résultats entre ces études économétriques, les régressions effectuées montre qu'aucune des variables retenues n'est significative. Autrement dit, il apparaît très difficile d'expliquer les différences de résultats fournis par les études empiriques.

4.2.3 Impact des mesures de soutien financier indirect sur la R&D privée : un impact significatif

La revue de littérature réalisée par Hall et Van Reenen (2000) souligne la prépondérance des travaux réalisés au niveau microéconomique à l'image des études portant sur les aides directes. Concernant les études sur données américaines où un crédit d'impôt recherche a été mis en place en 1981, il apparaît clairement une rupture entre les résultats obtenus sur des données avant 1983 et ceux obtenus sur des données allant plus loin dans le temps. En effet, les résultats des premières études montrent que l'élasticité-prix des dépenses de R&D privées est très faible voir non significative. Les analyses coût-bénéfice en résultant concluent donc à une incapacité du crédit d'impôt recherche à exercer un effet de levier sur l'investissement des firmes en R&D. A l'inverse, les travaux utilisant des données plus récentes estiment que l'élasticité-prix des dépenses de R&D est de l'ordre de l'unité voir supérieure. Les analyses coût-bénéfice résultant de ces estimations montrent un effet de levier significatif des aides indirectes

¹⁵Parmi ces éléments, l'auteur retient notamment l'année de l'article, l'échelle de l'étude (firme, industrie, pays), l'utilisation d'un processus d'ajustement, la présence d'effets fixes,...

puisque pour chaque dollar de recette fiscale perdue, les entreprises ont investi entre 1,3 et 2\$ supplémentaires en R&D. Ces études font également apparaître un effet croissant des mesures fiscales au cours du temps qui serait lié au processus d'ajustement partiel des décisions d'investissement. Cela peut expliquer pourquoi les études menées sur les deux premières années de mise en place du crédit d'impôt (1982 et 1983) aux Etats-Unis ne trouvent pas d'effet significatif de cette mesure sur l'investissement privé en R&D. Concernant les études portant sur d'autres pays que les Etats-Unis, Hall et Van Reenen (2000) concluent que dans leur ensemble les résultats obtenus confirment ceux des études américaines, c'est-à-dire que les aides indirectes à la R&D privée exercent un effet de levier sur l'investissement des firmes en R&D sur le long terme. L'idée d'un effet progressif des mesures fiscales à la R&D est également soutenue par les résultats de Lentille et Mairesse (2009). Sur la base de 33 études microéconomiques, les auteurs mettent en avant une corrélation positive entre l'effet estimé du crédit d'impôt recherche par les études et leur période analyse, c'est-à-dire que plus l'étude utilise des données récentes plus l'effet positif des mesures fiscales est important.

L'article de Mohnen et Lokshin (2009) propose (entre autre) une synthèse des résultats empiriques obtenus après la revue réalisée par Hall et Van Reenen (2000). Ils montrent que si les études menées au niveau macroéconomique restent minoritaires, elles se développent notamment autour d'approche structurelle permettant de fournir une meilleure appréciation de l'efficacité des politiques en tenant compte de leur effet sur le bien-être. Ces nouvelles approches apportent notamment une analyse plus fine de l'effet des mesures fiscales sur l'investissement privé en R&D. En effet, comme le note Mohnen et Lokshin (2009), les résultats de ces études montrent que si un crédit d'impôt recherche incrémental génère un effet de levier sur l'investissement privé en R&D ce n'est pas le cas d'un crédit d'impôt en volume. Ces études plus récentes confirment donc la capacité des mesures fiscales à générer un effet de levier sur l'investissement privé même si elles soulignent une différence assez nette selon la base d'application de ces mesures. Parmi les études prises en compte par Mohnen et Lokshin (2009), une seule est réalisée sur un panel de pays de l'OCDE, à savoir, celle de Bloom et al. (2002). Cette étude estime l'effet des incitations fiscales sur l'investissement privé en R&D¹⁶ de 9 pays de l'OCDE entre 1979 et 1996. Les estimations obtenues évaluent l'élasticité-prix des dépenses de R&D entre -0.124 et -0.144 à court terme et supérieur à -1 sur le long terme (car le processus d'ajustement de l'investissement privé en R&D est relativement long). Ces résultats semblent robustes puisqu'en réalisant des estimations individuelles sur chaque pays, les

¹⁶Les auteurs n'utilisent que les dépenses de R&D des secteurs industriels de chaque pays.

auteurs mettent en évidence un impact positif des mesures fiscales pour sept des neuf pays inclus dans l'étude.

Ainsi, d'un point de vue général, les études empiriques montrent que les aides financières indirectes sont à même de produire un effet de levier sur l'investissement privé en R&D. Cependant cette conclusion doit être prise avec précaution pour plusieurs raisons. Comme le suggèrent Mohnen et Lokshin (2009), la capacité des mesures de crédit d'impôt à exercer un effet de levier sur l'investissement privé dépend fortement de leur base d'application. Par ailleurs, les études empiriques utilisant une spécification dynamique montrent que les incitations fiscales exercent un effet croissant dans le temps sur la R&D privée car le processus d'ajustement de l'investissement privé est relativement lent. Ainsi, l'effet de telles mesures ne peut-être correctement apprécié que sur le long terme.

4.2.4 Les études macroéconomiques mesurant simultanément les effets des aides directes et indirectes à la R&D

Très peu d'études analysent simultanément les effets des aides directes et indirectes à la R&D privée au niveau macroéconomique. Pourtant ces études présentent un grand intérêt car elles vont permettre, entre autre, d'analyser la complémentarité de ces mesures pour augmenter l'investissement privé en R&D.

A notre connaissance, l'étude de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) est la première à analyser simultanément l'effet de ces deux catégories d'instruments sur la R&D privée. Leurs résultats, obtenus sur un panel de 17 pays de l'OCDE sur la période 1981-1996, montrent que les aides directes et indirectes ont un effet significativement positif sur l'investissement des entreprises en R&D. L'impact marginal d'1\$ d'aides directes est ainsi estimé à 0,7\$ et l'élasticité-prix à long terme des dépenses privées de R&D est estimé à -0.31 . Par rapport aux résultats de la littérature, l'effet des aides directes apparaît plus fort alors que celui des aides indirectes apparaît plus faible. Ces différences sont selon nous fortement liées à la méthode d'estimation utilisée par les auteurs qui mesure l'impact des aides financières sur la croissance de l'investissement privé en R&D et non sur son niveau absolu. Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) s'intéressent également à la complémentarité des aides directes et indirectes pour dynamiser l'investissement privé en R&D. Leurs résultats font état d'un important effet de substitution entre aides directes et indirectes, c'est-à-dire que l'augmentation des aides directes réduit l'effet positif des aides

indirectes sur l'investissement privé en R&D et vice-versa. Ce résultat montre donc l'importance pour les pouvoirs publics d'avoir une approche globale dans la définition de leur policy-mix de mesures directes et indirectes.

L'étude de Shin (2006) qui porte sur les investissements privés coréen en R&D entre 1982 et 2002 montre également que les aides directes et indirectes influencent significativement et positivement l'investissement des firmes en R&D. Cependant, les effets estimés sont plus proches des estimations de la littérature puisque l'effet marginal estimé des aides directes est compris entre 0.1 et 0.15 et que l'élasticité-prix de la R&D est proche de -1 sur le long terme (qui définit le seuil à partir duquel le surplus d'investissement privé en R&D compense la perte de revenu fiscal, voir Falk, 2006, p.535). La seule étude macroéconomique utilisant comme variable dépendante l'intensité des dépenses privées de R&D est celle proposée par Falk (2006). Dans cette étude, l'auteur évalue (entre autre) l'impact des aides financières à la R&D en utilisant un panel de 21 pays de l'OCDE entre 1975 et 2002. Les résultats montrent que les aides directes n'influencent pas significativement l'intensité de la R&D privée alors que les aides indirectes semblent avoir un impact significatif puisque l'élasticité-prix de la R&D est proche de -1 sur le long terme. A l'image de Wolff et Reinthaler (2008) qui utilisent une mesure relative des aides directes au lieu de leur montant absolu afin de mieux contrôler l'effet-prix de ces mesures sur les inputs de la R&D¹⁷, nous pensons que l'absence d'influence de ces dernières dans l'étude de Falk (2006) est liée au fait que les aides directes sont exprimées en pourcentage du PIB. Par conséquent, il utilise le rapport de deux variables nominales ce qui permet *de facto* une meilleure prise en compte de l'effet-prix des aides directes sur les inputs par rapport aux précédentes études macroéconomiques.

Ces trois études analysant simultanément l'impact des aides directes et indirectes à la R&D fournissent finalement des conclusions assez proches des études analysant séparément ces deux types d'instruments. En effet, les incitations fiscales semblent avoir un effet significativement positif sur l'investissement privé en R&D alors que l'effet positif des aides directes semble beaucoup moins net. Par ailleurs un résultat très intéressant est mis en évidence par l'étude de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) qui montre que les aides directes et indirectes sont des substituts pour augmenter l'investissement des firmes en R&D. Plus globalement, la revue de la littérature effectuée nous a permis de mettre en évidence une différence importante entre les études menées au niveau microéconomique qui sont assez réservées sur l'impact des aides financières à la R&D privée (directes et indirectes) et les études macroéconomiques qui sont plus positives. Il apparaît également que les aides indirectes sont plus à même

¹⁷Et ainsi proposer une estimation plus réaliste de l'effet des aides directes.

de générer un effet de levier sur l'investissement privé en R&D que les aides directes. Enfin, cette revue montre la nécessité d'utiliser un modèle empirique tenant compte de la forte irréversibilité des investissements en R&D dûs aux importants coûts d'ajustement.

4.3 Modèles empiriques et présentation des données

4.3.1 Les modèles empiriques

Pour mesurer l'effet des aides directes et indirectes à la R&D sur l'intensité de l'investissement privé en R&D, notre modèle s'inspire des modèles empiriques d'investissement en R&D développés par David et al. (2000), Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), Shin (2006) et Falk (2006) :

$$DIRDFIPIB_{it} = f(INTERETLT_{it}, CREDITPIB_{it}, DIRDPUBPIB_{it}, SUBPIB_{it}, BINDEX_{it-1}) \quad (4.1)$$

où l'indice i renvoie au pays i et l'indice t renvoie à l'année t . $DIRDFIPIB$ représente les dépenses de R&D financées par le secteur privé en pourcentage du PIB¹⁸. $INTERETLT$ représente le taux d'intérêt à long terme exprimé en pourcentage. $CREDITPIB$ représente le montant de crédits accordé au secteur privé exprimé en pourcentage du PIB. Ces deux variables financières sont intégrées à notre modèle empirique afin de vérifier si l'importance théorique des conditions de financement sur l'investissement des firmes en R&D se vérifie empiriquement. $DIRDPUBPIB$ représente les dépenses de R&D exécutées par le secteur public (hors enseignement supérieur) exprimées en pourcentage du PIB. La présence de cette variable se justifie à la fois pour contrôler l'organisation public/privé des systèmes nationaux de R&D mais aussi pour déceler la présence d'externalités entre la R&D publique appliquée et la R&D privée. $SUBPIB$ représente le montant des aides directes perçues par les entreprises exprimées en pourcentage du PIB. En utilisant des mesures relatives concernant les aides directes, la R&D publique et l'investissement privé en R&D, nous pensons mieux

¹⁸L'ensemble des données financières utilisées sont exprimées en dollars PPA constant de 2000

contrôler les effets-prix et ainsi proposer des estimations macroéconomiques plus précises.

Finalement, *BINDEX* représente une mesure de la générosité du système fiscal à la R&D tenant compte des différentes incitations fiscales (crédit d'impôt, déductions fiscales, taux d'amortissement,...). Cet indicateur développé par McFetridge et Warda (1983) mesure le rendement actualisé avant impôt nécessaire pour qu'un investissement additionnel en R&D devienne rentable. Mathématiquement, le B-index est égal au coût après incitations fiscales d'un investissement d'un dollar en R&D divisé par 1 moins le taux d'imposition sur les bénéfices. Plus le B-index d'un pays est faible plus son système fiscal est généreux pour la R&D. Une description plus complète du B-index, des hypothèses et de ses limites est proposée en annexe 2. Comme Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) ou Shin (2006), nous décalons cette variable d'une période pour tenir compte du temps d'adaptation du comportement des firmes à des changements de fiscalité sur la R&D.

En suivant Shin (2006) et Falk (2006), nous définissons l'équation de l'intensité cible de l'investissement privé en R&D comme :

$$\begin{aligned} \ln DIRDFIPB_{it}^* = & \alpha^* + b_1^* \ln INTERETLT_{i,t} + b_2^* \ln CREDITPIB_{i,t} \\ & + b_3^* \ln DIRDPUBPIB_{i,t} + b_4^* \ln SUBPIB_{i,t} \\ & + b_5^* \ln BINDEX_{i,t-1} + e_{i,t} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Comme nous l'avons montré dans les chapitres précédents, l'existence de nombreuses défaillances de marché implique avec une forte probabilité que l'intensité observée des dépenses privées de R&D diffère de son niveau cible. Les investissements en R&D ont des caractéristiques différentes des autres investissements notamment en termes d'irréversibilité et de durée qui génèrent d'importants coûts d'ajustement. Cela implique que les firmes ne vont pouvoir que partiellement adapter leur comportement d'investissement en R&D aux changements de politiques publiques et de l'environnement économique. Cela nous conduit à modéliser un processus d'ajustement partiel de l'investissement privé en R&D tel que :

$$\begin{aligned} \ln DIRDFIPB_{i,t} - \ln DIRDFIPB_{i,t-1} = \\ \theta(\ln DIRDFIPB_{i,t}^* - \ln DIRDFIPB_{i,t-1}) \end{aligned} \quad (4.3)$$

où $0 \leq \theta \leq 1$ représente le coefficient d'ajustement de l'intensité courante des dépenses privées de R&D par rapport à son niveau cible. Notons que la forme d'ajustement utilisée signifie que l'évolution de l'intensité de l'investissement

privé en R&D sur une période correspond à une fraction de l'écart entre l'intensité cible et l'intensité observée à la période précédente. Lorsque $\theta = 1$ l'ajustement est total en une période alors que si $\theta = 0$, il n'y a pas d'ajustement. En insérant l'équation (4.2) dans (4.3), on obtient :

$$\begin{aligned} \ln DIRDFIPB_{it} = & \alpha + \rho \ln DIRDFIPB_{i,t-1} + b_1 \ln INTERETLT_{i,t} \\ & + b_2 \ln CREDITPIB_{i,t} + b_3 \ln DIRDPUBPIB_{i,t} \\ & + b_4 \ln SUBPIB_{i,t} + b_5 \ln BINDEXT_{i,t-1} + e_{i,t} \end{aligned} \quad (4.4)$$

où $\rho = (1 - \theta)$, $b_i = \theta b_i^*$ et $\alpha = \theta \alpha^*$. Afin de tenir compte de l'influence de variables omises, des spécificités nationales ainsi que des effets du cycle économique, nous ajoutons à l'équation (4.4) des effets fixes individuel et temporel :

$$\begin{aligned} \ln DIRDFIPB_{it} = & \beta_i + \rho \ln DIRDFIPB_{i,t-1} + b_1 \ln INTERETLT_{i,t} \\ & + b_2 \ln CREDITPIB_{i,t} + b_3 \ln DIRDPUBPIB_{i,t} \\ & + b_4 \ln SUBPIB_{i,t} + b_5 \ln BINDEXT_{i,t-1} + \tau_t + e_{i,t} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Les paramètres b_i représentent les élasticités de court terme et $b_i/(1 - \rho)$ les élasticités de long terme. Par simplification, nous réécrivons le modèle (4.5) comme :

$$\ln Y_{it} = \rho \ln Y_{i,t-1} + \beta' \ln X_{i,t} + \alpha_i + \tau_t + e_{i,t} \quad (4.6)$$

où Y représente la variable expliquée et X la matrice des variables explicatives supposées exogènes.

L'internationalisation croissante des activités de R&D (Hall, 2011) montre que la localisation est une variable stratégique pour les grandes firmes. Ainsi, on peut penser que les investissements privés en R&D dans un pays ne vont pas dépendre uniquement des caractéristiques et aides accordées par ce pays mais également de celles des autres pays. Même si la littérature sur la localisation des investissements en R&D ne met pas en avant les aides financières comme un déterminant important, plusieurs auteurs soulignent leur rôle potentiel (Hines 1993 & 1994, Thursby 2006, Hall 2011). Par ailleurs, l'article de Wilson (2009) montrent clairement l'existence d'importantes externalités géographiques des aides financières à la R&D. En estimant l'élasticité-prix interne et externe¹⁹ des dépenses de R&D des 50 Etats américains, ses résultats montrent qu'elles sont de même amplitude mais de signe opposé. Cela signifie qu'au niveau

¹⁹L'élasticité-prix externe de la R&D renvoie à la sensibilité des investissements privés dans l'Etat i au coût d'usage moyen pondéré de la R&D dans les autres Etats. Différentes pondérations sont utilisées par l'auteur : les cinq et dix plus proche voisins, sur la proximité technologique et sur la proximité en matière d'emploi.

macroéconomique, l'impact des aides indirectes mises en place par les différents Etats américains est nul sur l'investissement privé en R&D. En effet, les résultats de Wilson (2009) montrent que si l'augmentation des aides indirectes dans un Etat permet d'augmenter l'investissement privé en R&D dans cet Etat, elle réduit dans une même proportion l'investissement privé en R&D dans les Etats voisins. Ainsi, si les aides indirectes locales semblent être efficaces pour augmenter l'investissement privé en R&D dans un Etat, elles sont inefficaces au niveau global. A partir de ce résultat, il apparaît fondamental d'étudier l'impact des aides financières externes (directes et indirectes) sur l'investissement privé en R&D afin de proposer une estimation plus précise de l'efficacité macroéconomique de ces mesures. Cela nous permettra notamment de vérifier l'existence éventuelle d'externalités géographiques des aides financières à la R&D à l'échelle des pays. Dans cet objectif, nous étendons le modèle (4.6) de la façon suivante :

$$Y_{i,t} = \rho Y_{i,t-1} + \beta' X_{i,t} + \gamma' W X_{i,t} + \alpha_i + \tau_t + e_{i,t} \quad (4.7)$$

où W est une matrice de pondération spatiale normalisée qui mesure l'intensité des relations d'un pays i avec les autres pays $j \neq i$. Le choix d'une mesure de la proximité est toujours cruciale et délicate. Dans notre cas, il s'agit d'obtenir une mesure rendant compte de la proximité entre pays qui soit pertinente pour capter la sensibilité des investissements privés en R&D dans le pays i aux caractéristiques des pays $j \neq i$. Comme il est impossible de disposer d'une telle mesure qui dépend de nombreux paramètres, nous utilisons trois mesures différentes de la proximité entre pays. Cela nous permettra d'une part d'augmenter nos chances de disposer d'une mesure pertinente de l'intensité des relations entre les pays et, d'autre part, de comparer l'influence de la mesure retenue sur les résultats.

La première matrice de pondération spatiale utilise des données du commerce bilatéral et définit l'intensité des relations entre le pays i et j comme :

$$W_{ij} = \frac{1}{2 |T|} \sum_{t \in T} \left(\frac{X_{ij}^t}{\sum_j X_{ij}^t} + \frac{M_{ij}^t}{\sum_j M_{ij}^t} \right)$$

où X_{ij}^t représente le montant total des exportations du pays i vers le pays j à la période t et M_{ij}^t représente le montant des importations du pays i en provenance du pays j à cette même période. Ainsi, la proximité entre deux pays est mesurée par la moyenne relative de leurs relations commerciales bilatérales sur l'ensemble des périodes T . Comme nous ne disposons pas de données complètes pour chaque année de notre période d'étude, la moyenne est calculée à partir des échanges bilatéraux observés sur le sous-ensemble de périodes $T = \{1995, 2000, 2005, 2008\}$.

Les données du commerce bilatéral (qui concerne l'ensemble des secteurs industriels) proviennent de la base STAN de l'OCDE.

La seconde matrice de pondération spatiale essaie de rendre compte de l'intensité des relations technologiques entre pays en utilisant des données de collaborations dans les demandes de brevets internationaux (PCT). L'intensité des collaborations technologiques entre le pays i et j est définie comme :

$$W_{ij} = \frac{\frac{1}{|T|} \sum_{t \in T} b_{ij}^t}{\sum_j \frac{1}{|T|} \sum_{t \in T} b_{ij}^t}$$

où b_{ij}^t représente le nombre de collaborations dans les demandes de brevets PCT entre le pays i et j à la période t . Ainsi, la proximité entre deux pays est mesurée par l'intensité relative moyenne de leur collaboration dans les demandes de brevets internationaux au cours de la période d'étude. Les données utilisées sont extraites de la base REGPAT de l'OCDE et nous disposons des données annuelles pour l'ensemble de notre période, c'est-à-dire que $|T| = 18$.

Finalement, nous utilisons une matrice de poids spatiale basée sur la distance géographique entre pays. En utilisant des données sur la distance à vol d'oiseau entre le centre géographique de chaque pays, nous définissons la proximité entre le pays i et j comme :

$$W_{ij} = \frac{\frac{1}{d_{ij}}}{\sum_j \frac{1}{d_{ij}}}$$

où d_{ij} représente la distance à vol d'oiseau entre le centre géographique du pays i et celui du pays j . Ainsi, l'intensité des relations entre deux pays est mesurée par l'inverse de la distance relative entre leur centre géographique respectif. Les données de distance ont été obtenues à partir de la base EuroBoundaryMap fournie par Eurogeographics.

4.3.2 Présentation des données

Les données utilisées proviennent de l'OCDE et du FMI à l'exception de celles concernant le B-index. Ces dernières ont été collectées à partir de l'article de Thomson (2009) qui propose une valeur du B-index pour 25 pays de l'OCDE

sur la période 1980-2006. Nous avons préféré les calculs du B-index proposés par Thomson (2009) à ceux proposés par l'OCDE car ils mesurent davantage la subvention fiscale effective moyenne par dollar investi en R&D que la subvention maximale comme le propose l'OCDE. Nous renvoyons les lecteurs à l'article de Thomson (2009) pour connaître l'ensemble des détails concernant ses calculs du B-index et à l'annexe 2 qui discute les hypothèses du B-index au niveau macroéconomique. Un bon exemple des différences de mesures induites par l'approche de l'OCDE et celle de Thomson (2009) concerne notamment les mesures fiscales soumises à des conditions d'éligibilité très spécifiques. Par exemple, le Danemark a mis en place en 2002 une déduction fiscale de 150% des dépenses de recherche fondamentale réalisées en collaboration avec les établissements d'enseignement supérieur. Selon le calcul du B-index fourni par l'OCDE en 2006, cette mesure est censée représenter une subvention fiscale de 0,16\$ par \$ investi en R&D. En revanche, selon Thomson (2009), cette mesure est trop spécifique pour être intégrée dans le calcul du B-index si bien qu'elle n'est pas comptabilisée.

La base de données utilisée couvre 25 pays de l'OCDE sur 18 années (1990-2007). Cependant, pour l'ensemble des variables à l'exception du B-index, des données étaient manquantes. Ainsi, le pourcentage de données manquantes de la variable la moins bien renseignée²⁰ était de 18% alors que celui des mieux renseignées (hors B-index)²¹ était inférieur à 2% avec une moyenne située à 10%. Ces données manquantes sont principalement liées aux particularités des systèmes nationaux de recueil d'informations sur la recherche et développement. En effet, l'Australie, la Grèce (jusqu'en 2003), la Nouvelle-Zélande, la Norvège (jusqu'en 2001) et la Suède (jusqu'en 2003) réalisent (ou réalisaient) des enquêtes et statistiques concernant la R&D tous les deux ans. D'autres pays comme l'Autriche (1993), la Corée (1995), le Mexique (1993) ou la République Tchèque (1995) n'ont mis en place un recueil de statistiques sur la R&D qu'au cours des années 1990.

Pour réduire le nombre de données manquantes, nous avons estimé les données des pays ayant un système de recueil de données bisannuel en utilisant la moyenne de l'information à $t - 1$ et $t + 1$ pour déterminer la valeur de la période t . En revanche, les informations manquantes des pays qui ont mis en place tardivement des systèmes de recueil d'information sur la R&D n'ont pas été estimées. Ainsi, notre base de données est un panel non cylindré où $\bar{T} = 17,1$, c'est-à-dire qu'en moyenne, nous disposons des données pays sur 17,1 années sur une période totale de 18 années ce qui signifie que le non cylindrage est faible. Le pays pour lequel nous avons le moins d'informations est la Corée avec des

²⁰A savoir le pourcentage de la R&D financée par le secteur privé.

²¹A savoir les données concernant les crédits accordés au secteur privé.

données disponibles pour 13 années seulement (1995-2007). Le tableau 1 en fin de chapitre présente la distribution du nombre de pays présents par année.

4.4 Statistiques descriptives et analyse graphique

4.4.1 Description statistique des données

Les tableaux 2 et 3 présentés en fin de chapitre fournissent les statistiques descriptives de nos séries ainsi que le tableau des corrélations entre variables. Les statistiques descriptives rendent compte d'une forte hétérogénéité entre pays. En effet, l'écart-type de chaque variable (à l'exception du B-index) représente plus de 50% de leur valeur moyenne. Plus concrètement, cela se traduit par un grand écart entre les valeurs extrêmes. Ainsi, la moyenne de l'intensité des dépenses de R&D financées par le secteur privé est très proche de 1% du PIB avec un minimum de 0,03% et un maximum avoisinant 3%. La moyenne des dépenses de R&D exécutées par l'Etat est proche de 0,25% du PIB avec un minimum de 0,07% et un maximum de 0,56%. Les variables financières utilisées montrent également de très fortes disparités. En effet, si les crédits accordés au secteur privé s'élèvent en moyenne à 91% du PIB, ils atteignent un maximum de 231% et un minimum de 15%. Concernant le taux d'intérêt à long terme, sa moyenne se situe à 7,8% avec des valeurs extrêmes de 1% et 46%. Les variables renvoyant aux aides financières directes sont aussi marquées par d'importants écarts. Si, en moyenne, le soutien financier direct avoisine 0.08% du PIB, son maximum atteint 0.45% et son minimum est proche de 0%. La valeur du B-index est quant à elle comprise entre 0.57 et 1.08 avec une moyenne située à 0.95.

Le tableau 3 qui présente les corrélations entre les variables montre qu'il ne devrait pas y avoir de problème de multicolinéarité. En effet, la corrélation partielle la plus élevée concerne la relation entre les deux variables financières (crédit et taux d'intérêt) et s'élève seulement à -0.54 . Il est intéressant de noter que la corrélation entre les variables d'aides directes et indirectes est très faible (0.17) ce qui exclut a priori une relation positive et forte entre ces deux variables.

4.4.2 L'analyse graphique des données

Afin d'avoir une connaissance générale de l'évolution de nos variables sur la période d'étude, nous analysons graphiquement leur tendance. Les graphiques d'évolutions de chacune des variables du modèle sont disponibles en fin de chapitre.

Dynamique de la variable dépendante au sein de l'OCDE

Concernant l'intensité de l'investissement privé en R&D, le graphique 1 montre clairement une tendance positive sur la période à l'exception de quelques pays européens comme le Royaume-Uni, l'Italie, la Pologne, les Pays-Bas, la Hongrie, la Norvège et la Belgique. Certains pays ont connu une très forte croissance de l'investissement privé en R&D, notamment la Corée, le Danemark, la Finlande, l'Australie ou encore l'Autriche. On remarque également le cas atypique de la Suède qui a connu une très forte progression de l'investissement en R&D financé par le secteur privé jusqu'à la crise internet de 2001 qui marque un point d'inflexion dans cette dynamique. Ainsi, la R&D financée par le secteur privé en Suède est passé de 1,66% du PIB en 1991 à 2,96% en 2001 puis a reculé pour s'établir à 2,11% en 2007.

Le graphique 2 qui représente la part de la R&D financée par le secteur privé montre une tendance moins nette que celle observée précédemment bien que, d'une manière générale, les pays dont l'intensité de la R&D privée a augmenté (diminué) ont connu une augmentation (diminution) de la part de la R&D financée par le secteur privé. Certains pays comme la Corée, l'Autriche, la République Tchèque et l'Espagne dont l'intensité de la R&D financée par le secteur privé a augmenté ont pourtant vu la part de la R&D financée par le secteur privé légèrement reculer. Notons qu'il existe des cas très spécifiques où l'évolution du financement privé de la R&D a été très marquée. Ainsi la Pologne, la République Tchèque et dans une moindre mesure l'Irlande ont vu la contribution du secteur privé à l'effort de R&D se réduire drastiquement. Par exemple, la part de la R&D financée par le secteur privé en Pologne est passé de 52% en 1992 à 19% en 2007. A l'inverse, des pays comme le Mexique, le Portugal et dans une moindre mesure le Danemark ont vu la contribution du secteur privé à l'effort de R&D augmenter très significativement. Ainsi, la part de la R&D financée par le secteur privé au Mexique est passé de 14% en 1993 à 45% en 2007.

Par rapport aux cibles fixées par l'Union Européenne à l'horizon 2020 concernant l'investissement privé en R&D, seuls trois pays de l'Union Européenne étaient en 2007 très proches ou au-dessus de ces objectifs, à savoir, l'Allemagne, la Suède et la Finlande. A noter que l'augmentation importante de la R&D financée par le secteur privé au Danemark rapproche également ce pays de ces objectifs.

Dynamique des aides financières à la R&D privée au sein de l'OCDE

Le graphique 3 représente l'évolution des aides financières directes en pourcentage du PIB. On remarque une tendance assez nette dans les pays indus-

trialisés notamment. En effet, dans la majorité des pays développés²², les aides directes à la R&D ont nettement reculé sur la période. D'ailleurs, si on représente le montant de ces aides directes en pourcentage de la R&D financée par le secteur privé (graphique 4), cette tendance apparaît encore plus nettement. Concernant les autres pays de notre échantillon, la situation est assez hétérogène. Certains pays comme la Corée, la République tchèque ou l'Autriche ont assez nettement augmenté le budget des aides directes sur la période alors que d'autres comme la Pologne l'ont fortement réduit (de 0.27% du PIB en 1992 à 0.02% en 2007). Finalement, d'autres pays (Grèce, Hongrie, Irlande, Finlande, Belgique et Japon) ont stabilisé leur aides directes durant la période.

Concernant les aides indirectes, il émerge une tendance inverse à celle des aides directes mais qui s'étend au-delà des seuls pays développés. Comme on peut le voir sur le graphique 5 qui représente la subvention fiscale moyenne par \$ investi en R&D²³, la majorité des pays de l'échantillon (16 exactement) ont significativement augmenté la générosité de leur système fiscal pour la R&D. Seule l'Australie a réduit significativement les incitations fiscales sur la période. A l'heure actuelle, les pays les plus généreux en la matière sont le Portugal, l'Espagne, la France, la République Tchèque, la Norvège et dans une moindre mesure le Canada et la Hongrie. Il est également intéressant de remarquer que les pays où l'intensité de la R&D privée est la plus forte ne sont pas les pays qui ont les systèmes fiscaux les plus avantageux ou sont même parfois des pays qui n'ont pas mis en place de mesures fiscales avantageuses (Suède, Finlande, Allemagne).

Si l'ensemble des pays de notre échantillon utilisent des aides directes pour soutenir la R&D privée, cela n'est pas le cas des aides indirectes. Cependant, comme le souligne Mohnen et Lokshin (2009), les aides indirectes sont néanmoins de plus en plus utilisées au sein de l'OCDE puisque seulement 12 pays offraient des incitations fiscales à la R&D en 1996 contre 21 en 2008²⁴. Par ailleurs, parmi les pays utilisant un mix de mesures directes et indirectes, il semble émerger une tendance à la substitution des aides indirectes aux aides directes (surtout dans les pays développés).

Dynamique de la R&D exécutée par l'Etat au sein de l'OCDE

Le graphique 6, qui représente les dépenses de R&D exécutées par l'Etat (hors dépenses de R&D de l'enseignement supérieur) en pourcentage du PIB

²²Royaume-Uni, Suède, Norvège, Pays-Bas, France, Italie, Danemark, Etat-Unis, Allemagne et Canada

²³Cet indicateur est obtenu en calculant 1-Bindex, voir annexe 2 pour des précisions.

²⁴Voir Thomson (2009) pour une revue des mesures fiscales en place dans les pays de notre échantillon.

montre une tendance assez nette puisque, sur les 25 pays de notre échantillon, 14 ont vu l'intensité de la R&D exécutée par l'Etat diminuer significativement et que pour 7 autres elle a stagné. Ainsi, la Suède, le Japon, l'Espagne et la Belgique, qui ont vu cette intensité augmenter sur la période, représentent des cas particuliers. Cette tendance pourrait traduire une volonté de transférer en partie les dotations du secteur public vers le secteur privé.

Dynamique du taux d'intérêt nominal à long terme au sein de l'OCDE

Comme nous pouvons le voir sur le graphique 7, le taux d'intérêt nominal à long terme a connu une baisse structurelle sur la période pour l'ensemble des pays de notre échantillon. Quatre pays ont connu des baisses drastiques, à savoir, le Mexique, la Grèce, la Pologne et la Hongrie. En effet, dans ces quatre pays, le taux d'intérêt nominal était supérieur ou égal à 30% au début des années 90 alors qu'à la fin des années 2000 il était proche de 10%.

Dynamique des crédits distribués au secteur privé au sein de l'OCDE

Le graphique 8 qui représente l'évolution des crédits intérieurs accordés au secteur privé montre une forte progression de ces derniers pour l'ensemble des pays à l'exception du Japon, du Mexique, de la Finlande et de la République Tchèque pour lesquels les crédits accordés au secteur privé n'ont pas augmenté voir reflué.

4.5 Methodologie et résultats

4.5.1 Stratégie d'estimation

Nickell (1981) a montré que l'estimation d'un modèle dynamique sur données de panel par les estimateurs OLS (Ordinary Least Squares) et LSDV (Least Squares Dummy Variable) est biaisée lorsque $N \rightarrow \infty$ et T fixe car la variable endogène décalée est corrélée avec le terme d'erreur. Comme le souligne Bond (2002), l'estimation du coefficient de la variable décalée (ρ) est biaisée à la hausse pour l'estimateur OLS et à la baisse pour l'estimateur LSDV. Par conséquent, l'estimation préliminaire de ces modèles est importante car elle permet d'obtenir des bornes de valeurs de ρ et de discuter les résultats théoriques concernant la supériorité des estimateurs.

Depuis l'article de Nickell (1981), la littérature économétrique a développé de nombreux estimateurs consistants qui utilisent les méthodes des variables instrumentales (Anderson et Hsiao, 1982) et des moments généralisés (Arellano et Bond 1991, Arellano et Bover 1995, Blundell et Bond 1998). L'estimateur à variables instrumentales proposé par Anderson et Hsiao (1982) consiste à estimer le modèle (4.5) en différence première en utilisant la variable expliquée retardée de deux périodes comme instrument. Cet estimateur est efficace lorsque $N \rightarrow \infty$ et T fixe. Cependant comme le souligne Lai and al. (2008), les propriétés asymptotiques de cet estimateur ne sont plus valables pour de nombreuses configurations d'échantillon ce qui implique de fortes différences entre la performance asymptotique de l'estimateur et sa performance sur échantillon fini. Ceci est notamment le cas lorsque les instruments utilisés sont faibles ou en trop grand nombre. Un instrument est dit faible lorsque la contrainte sur les moments qu'il implique fournit peu d'information relativement à la taille de l'échantillon (Lai and al., 2008). Ce problème d'instruments faibles est très important car comme le montre Bond et al. (1995), même avec un échantillon comportant un très grand nombre d'individus, l'estimateur de Anderson et Hsiao (1982) fournit des résultats très peu fiables lorsque les instruments sont faibles.

D'autres estimateurs sont basés sur la méthode des moments généralisés. De manière similaire à l'estimateur d'Anderson et Hsiao (1982), ces estimateurs ont de bonnes propriétés lorsque $N \rightarrow \infty$ et T fixe et sous condition que les instruments utilisés ne soient pas faibles. On distingue deux types d'estimateurs GMM (Generalized Method of Moments) pour les modèles dynamiques sur données de panels, à savoir, l'estimateur GMM en différence et l'estimateur GMM en système. Le premier estime le modèle (4.5) en différence première en utilisant comme instruments les variables décalées en niveau alors que le second estime un système d'équations à la fois en différence première et en niveau en utilisant comme instruments dans les équations en niveau, les différences premières des variables décalées. Comme le montre Arellano et Bover (1995) et Blundell et Bond (1998), lorsque les données sont fortement persistantes et que le nombre de périodes est faible, l'estimateur GMM en différence fournit de mauvaises estimations car dans ces conditions, les variables décalées en niveau constituent de faibles instruments. Blundell et Bond (1998) montrent la supériorité de l'estimateur GMM en système dans ce cas. Ainsi, il apparaît plus pertinent d'estimer notre modèle avec un estimateur GMM en système qu'avec un estimateur GMM en différence du fait des spécificités de notre échantillon et de la forte persistance de l'intensité des dépenses privées de R&D dans le temps.

Une autre voie pour fournir une estimation efficace des modèles dynamiques sur données de panel consiste à corriger le biais de l'estimateur LSDV (Nickell

1981, Kiviet 1995, Kiviet 1999, Bun and Kiviet 2003). L'avantage de cette méthode est double puisque d'une part, l'estimateur LSDV a souvent une variance plus faible que les autres estimateurs et d'autre part, une correction du biais de l'estimateur LSDV permet de fournir une estimation consistante pour l'ensemble des dimensions de panels. D'ailleurs, les simulations Monte-Carlo réalisées par Kiviet (1995), Kiviet (1999), Bun and Kiviet (2003) et Bruno (2005a) montrent la supériorité de l'estimateur LSDV Corrigé (LSDVC) par rapport aux estimateurs IV et GMM que ce soit en termes de biais et de RMSE (Root Mean Squared Error). Bruno (2005b) a développé une extension de l'estimateur LSDVC de Bun and Kiviet (2003) aux données de panel non cylindrées. Cependant, contrairement aux estimateurs précédents qui permettent une estimation efficace en présence de régresseurs endogènes, les estimateurs LSDVC supposent a minima une exogénéité faible. L'estimateur LSDVC proposé par Bruno (2005b) suppose quant à lui une stricte exogénéité des régresseurs du modèle. Dans notre cas, nous pouvons soupçonner a minima que certaines variables peuvent être faiblement endogènes comme les mesures de soutien direct et indirect à la R&D.

Par conséquent, les estimateurs potentiels ont tous, a priori, des avantages et des inconvénients étant donné la dimension de notre panel et notre objet d'étude. Afin d'éliminer les estimateurs non efficaces, nous avons réalisé des estimations du modèle (4.5) par les estimateurs OLS et LSDV afin de déterminer les bornes de ρ . Dans un second temps, nous avons estimé le modèle à l'aide de l'estimateur proposé par Anderson et Hsiao en différence et en niveau (AH-D et AH-N), l'estimateur GMM d'Arellano-Bond (GMM-AB), l'estimateur GMM de Bundell et Bond (GMM-BB) ainsi que l'estimateur LSDVC de Bruno. Nous avons également réalisé des tests d'autocorrélation des erreurs, de sur-identification ainsi que des tests d'endogénéité pour chaque variable explicative. Les résultats de ces estimations ainsi que les tests d'Arellano-Bond (autocorrélation) et de Hansen (sur-identification) sont présentés dans le tableau 4 en fin de chapitre. Les tests d'endogénéité sont présentés dans le tableau 5.

Les estimations OLS et LSDV nous montrent que la valeur de ρ doit être comprise entre 0,862 et 0,985. L'estimateur AH-D fournit une valeur de ρ inférieure à celle de l'estimateur LSDV si bien que nous excluons cet estimateur. L'estimateur AH-N fournit quant à lui une valeur de ρ très légèrement supérieure à celle fournie par l'estimateur LSDV. Les tests de Hansen effectués sur ces deux estimateurs ne nous permettent pas de conclure sur la validité des instruments utilisés pour deux raisons. En effet, ce test n'est pertinent que si le nombre d'instruments utilisés n'est pas trop élevé or cet estimateur en utilise un nombre important. Cela explique une p-value de 1 pour le test de Hansen. Notons que la réduction du nombre d'instruments n'améliore pas la qualité de

ces estimateurs (la valeur de ρ est encore plus faible). De ce fait, en se basant sur les valeurs de ρ estimées par les estimateurs AH-D et AH-N, nous excluons ces estimateurs comme candidats.

L'estimation du modèle (4.5) à l'aide de l'estimateur GMM-AB est fourni en colonne 5 du tableau 4. La valeur estimée de ρ est inférieure à celle de l'estimateur LSDV. Par ailleurs, les valeurs prises par le test de Hansen montrent qu'il n'est pas pertinent du fait de l'utilisation d'un nombre trop important d'instruments. Cependant, la réduction du nombre d'instruments ne permet pas d'améliorer la qualité de cet estimateur qui fournit alors des estimations peu précises et une valeur de ρ encore plus faible. Par conséquent, nous éliminons l'estimateur d'Arellano-Bond comme candidat. Dans la colonne 6, l'estimateur GMM-BB estime la valeur ρ à 0,886 qui est comprise entre sa valeur estimée par l'estimateur OLS et l'estimateur LSDV. Encore une fois, le test de Hansen n'est pas interprétable du fait d'un trop grand nombre d'instruments. La réduction du nombre d'instruments augmente très légèrement la valeur estimée de ρ mais fournit des estimations moins précises (forte variance des paramètres estimés). Lorsque nous réduisons très fortement le nombre d'instruments jusqu'à un niveau inférieur au nombre de pays inclus dans nos données²⁵, la valeur estimée de ρ dépasse 1. Cependant, même si le test de sur-identification effectué ne nous permet pas d'être certain de la validité des instruments utilisés, nous conservons l'estimateur GMM-BB qui est le seul à fournir une estimation valable de ρ parmi l'ensemble des estimateurs vus jusqu'ici.

Finalement, l'estimation du modèle (4.5) à l'aide de l'estimateur LSDVC est fournie en colonne 7 du tableau 4. La valeur de ρ estimée est supérieure à celle de l'estimateur GMM-BB et compris dans l'intervalle des possibles. Cependant, comme nous l'avons indiqué précédemment, l'estimateur LSDVC est efficient si les variables explicatives sont exogènes. Afin de vérifier la pertinence de cet estimateur, nous avons conduit une série de tests d'endogénéité du modèle (4.5) qui sont présentés dans le tableau 5. Ces tests montrent clairement qu'aucune des variables explicatives n'est endogène à l'exception de la variable décalée. Les résultats de ces tests qui ont été réalisés à l'aide d'un estimateur à variables instrumentales sont robustes puisque les instruments utilisés sont valides et non faibles (voir les tests d'Hansen et de Stock-Yogo du tableau 5)²⁶. Par ailleurs, le modèle ayant le RMSE (Root Mean Square Error) le plus faible est le modèle

²⁵Selon Roodman (2006), la littérature fournit peu d'information pour connaître le nombre maximum d'instruments à utiliser. Une règle minimale est d'avoir un nombre d'instrument inférieur au nombre d'individus.

²⁶Ces tests ont été réalisés en instrumentant chaque variable par sa valeur à la période précédente ainsi que les valeurs décalées du taux de croissance et du taux d'intérêt à court terme.

de la colonne 5 où seule la variable décalée est traitée comme endogène. Ainsi, l'estimateur LSDVC est un estimateur efficace de notre modèle et a notre préférence. Nous conservons cependant l'estimateur GMM-BB bien qu'il apparaisse inférieur à l'estimateur LSDVC afin de vérifier la robustesse de nos résultats.

4.5.2 Résultats

Impact et complémentarité interne des aides financières à la R&D

Les colonnes 1 et 2 du tableau ci-dessous présentent l'estimation du modèle (4.5).

VARIABLES	(1) dirdefipib	(2) dirdefipib	(3) dirdefipib	(4) dirdefipib
L.dirdefipib	0.886*** (0.018)	0.913*** (0.026)	0.885*** (0.018)	0.904*** (0.025)
credit	0.074** (0.030)	0.017 (0.016)	0.072*** (0.027)	0.010 (0.016)
interetlt	-0.075** (0.033)	-0.068*** (0.022)	-0.075** (0.033)	-0.056** (0.023)
dirdpubpib	-0.007 (0.053)	0.004 (0.029)	-0.006 (0.052)	-0.005 (0.028)
subpib	-0.021 (0.015)	-0.007 (0.012)	-0.026 (0.018)	-0.034** (0.015)
L.bindex	-0.156** (0.066)	-0.114* (0.062)	-0.162** (0.064)	-0.145** (0.063)
interact			0.177 (0.441)	0.585*** (0.206)
Observations	402	402	402	402
Estimateur	GMM-BB	LSDVC	GMM-BB	LSDVC
Time dummies	yes	yes	yes	yes
AR(1) (p-value)	0.013		0.013	
AR(2) (p-value)	0.957		0.935	
Hansen (p-value)	1.000		1.000	

Toutes les statistiques sont robustes à l'hétéroscédasticité

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 6 : Estimations du modèle (5.5) et étude de la complémentarité des instruments

Comme la théorie le suggère, nos résultats font apparaître une forte persistance de l'intensité des dépenses privées de R&D au cours du temps. Sa vitesse d'ajustement par rapport à son niveau cible est ainsi estimée entre 9 et 11% ce qui montre une réactivité potentielle très limitée des décisions d'investissements en R&D aux changements économiques à court terme. cela implique que l'impact des aides financières à court terme sera beaucoup plus faible que leur impact à long terme.

Concernant les variables "financières", nos résultats font ressortir une forte influence du taux d'intérêt et dans une moindre mesure du volume de crédits accordés au secteur privé. Ainsi, l'élasticité au taux d'intérêt de court (long) terme est comprise entre $-0.068(-0.78)$ et $-0.075(-0.66)$. Si les crédits accordés au secteur privé influencent positivement l'intensité de la R&D privée, cet impact n'apparaît statistiquement significatif qu'avec l'estimateur GMM-BB. D'ailleurs, si la sensibilité de l'intensité de la R&D privée aux volumes de crédit est similaire à celle du taux d'intérêt selon l'estimateur GMM-BB, elle est beaucoup plus faible pour l'estimateur LSDVC. Ces résultats montrent néanmoins une influence significative des conditions de financement sur l'investissement en R&D des firmes.

Nos résultats ne font pas apparaître d'influence significative de la R&D publique (hors universités) sur l'intensité des dépenses de R&D du secteur privé. Ce résultat est nettement différent de ceux proposés par Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) ou Shin (2006) qui trouvaient un impact négatif et positif respectivement. Nous pensons que ces différences de résultats sont liées au fait que Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) analyse l'influence de la R&D publique sur le taux de croissance des dépenses de R&D privée alors que nous étudions son impact sur l'intensité des dépenses privées de R&D. Concernant l'effet positif mis en avant par Shin (2006), il peut-être lié au fait que sa mesure de la R&D publique intègre les dépenses de R&D réalisées par l'enseignement supérieur qui ont également un effet positif marqué chez Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003).

Concernant l'influence des aides financières à la R&D, nos résultats montrent un effet positif et significatif des incitations fiscales alors que l'impact des aides directes est négatif mais non significatif. La sensibilité à court (long) terme de l'intensité de la R&D privée au B-index est comprise entre $-0.11(-1.31)$ et $-0.16(-1.37)$. Ces résultats sont conformes aux estimations de Falk (2006) et Shin (2006) qui estiment une élasticité proche de -1 à long terme. Il confirme ainsi la capacité des aides indirectes à augmenter l'investissement privé en R&D. Même si le B-index n'est pas une mesure directe du ratio entre le surcroît de

R&D et la perte de revenu fiscal, une élasticité au B-index supérieur à 1 donne une indication positive sur la capacité des incitations fiscales à engendrer un surcroît d'investissement en R&D supérieur aux pertes de revenu fiscal (voir Falk 2006).

Nos résultats ne montrent pas d'influence significative des aides directes sur l'intensité de la R&D privée contrairement à ceux de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) ou Shin (2006) qui obtiennent un effet significativement positif. Comme nous l'avons précédemment indiqué, l'utilisation d'une mesure relative des aides directes permet de mieux contrôler l'effet-prix sur les inputs de la R&D qui biaise à la hausse l'estimation du coefficient des aides directes dans les articles précités. D'ailleurs notre résultat est identique à celui de Falk (2006). La relative neutralité des aides directes sur l'intensité de la R&D financée par le secteur privé n'est pas négatif en soi. Il signifie simplement que les aides directes sont utilisées pour financer des projets de R&D mais ne génèrent pas d'incitation additionnelle à investir en R&D. Autrement dit, les effets positifs des aides directes ne sont pas suffisants pour développer l'investissement endogène du secteur privé en R&D (ces aides directes ne génèrent pas non plus d'effets négatifs suffisants pour les conduire à se substituer aux financements privés).

Une question importante qui se pose pour les autorités publiques qui utilise un mix d'aides directes et indirectes est celle de leur complémentarité pour augmenter l'investissement privé en R&D. Puisque ces aides reposent sur des mécanismes incitatifs différents, on peut imaginer qu'ils entrent en conflit les uns avec les autres. Les résultats de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) montrent d'ailleurs que mesures directes et indirectes sont des substituts puisqu'il apparaît que l'augmentation des mesures de soutien direct (indirect) réduit l'effet positif des mesures de soutien indirect (direct) sur l'investissement privé en R&D.

Pour étudier la complémentarité des aides directes et indirectes, nous estimons une extension du modèle (4.5) qui introduit une variable croisée de ces mesures nommée INTERACT²⁷. Les résultats des estimations de cette extension du modèle (4.5) sont présentés dans les colonnes 3 et 4 du tableau 6. Ils confirment le résultat de Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003) et montrent que les aides directes et indirectes sont des substituts pour dynamiser l'intensité de la R&D privée. Cependant, dans notre cas, le coefficient estimé de la mesure des aides directes (SUBPIB) est négatif (et devient significatif

²⁷La variable INTERACT représente donc le produit de la variable SUBPIB et de la variable BINDEIX.

lorsqu'on introduit la variable INTERACT). Cela signifie donc qu'une augmentation des aides indirectes va augmenter les effets d'aubaine des aides directes et qu'une augmentation des aides directes va réduire l'effet positif des aides indirectes. Ainsi, les instruments de soutien direct et indirect semblent entrer en conflit pour augmenter l'intensité de la R&D financée par le secteur privé.

A l'image de Falk (2006), nos résultats confirment la capacité des aides indirectes à inciter les firmes à accroître leur investissement en R&D alors que cela ne semble pas être le cas concernant les aides directes (qui n'exercent pas pour autant un effet de substitution significatif). Ces différents types d'instrument semblent être des substituts pour augmenter l'intensité de la R&D privée ce qui met en avant la nécessité d'avoir une approche globale pour la définition d'un policy mix et de ses objectifs. Nos estimations montrent une influence significative et négative du taux d'intérêt ce qui laisse penser que des actions pour améliorer les conditions d'emprunts auraient un impact significatif sur l'investissement privé en R&D. Nos résultats rendent compte d'une absence d'influence de la R&D publique suggérant l'absence d'externalités de la R&D publique significatives. La solidité de ces résultats apparaît forte comme le montrent les différents tests de robustesse présentés dans le tableau 7.

Importance des effets externes entre pays de l'OCDE

Afin d'analyser l'influence des aides financières externes à la R&D et plus généralement des conditions extérieures sur les décisions d'investissements en R&D des firmes dans un pays, nous réalisons des estimations du modèle (4.7) à l'aide des estimateurs LSDVC et GMM-BB. Comme nous l'avons précisé précédemment, nous utilisons différentes matrices de pondération spatiale afin de tester différentes formes de proximité. Le tableau ci-dessous présente les estimations réalisées et les acronymes WCOM, WDIST et WBREV renvoient respectivement aux matrices de pondération spatiale basées sur le commerce bilatéral, sur la distance géographique et sur les collaborations technologiques. Notons que les estimations obtenues sur le modèle (4.7) ne modifient pas les résultats précédemment obtenus sur le modèle (4.5) ce qui démontre sa robustesse. En effet, les coefficients des variables exogènes (non décallées spatialement) sont de même signe et de même ampleur que ceux présentés dans le tableau 6.

VARIABLES	(1) WCOM	(2) WCOM	(3) WDIST	(4) WDIST	(5) WBREV	(6) WBREV
L.dirdefipib	0.903*** (0.028)	0.914*** (0.026)	0.885*** (0.020)	0.917*** (0.026)	0.877*** (0.027)	0.915*** (0.028)
credit	0.069** (0.034)	0.008 (0.016)	0.076** (0.032)	0.014 (0.017)	0.092** (0.038)	0.009 (0.019)
interetlt	-0.057* (0.033)	-0.041* (0.022)	-0.059* (0.031)	-0.047** (0.023)	-0.079*** (0.029)	-0.062*** (0.023)
dirdpubpib	0.006 (0.042)	0.049 (0.033)	0.045 (0.039)	0.031 (0.035)	-0.001 (0.048)	0.007 (0.034)
subpib	-0.025 (0.018)	-0.018 (0.012)	-0.014 (0.016)	-0.011 (0.012)	-0.020 (0.019)	-0.007 (0.013)
L.bindex	-0.139*** (0.046)	-0.166*** (0.062)	-0.132*** (0.046)	-0.144** (0.065)	-0.110* (0.068)	-0.103* (0.065)
wcredit	-0.077 (0.139)	-0.305*** (0.114)	0.126 (0.238)	-0.147 (0.115)	0.144 (0.256)	-0.305 (0.195)
winteretlt	-0.016 (0.072)	0.018 (0.063)	0.256* (0.136)	-0.004 (0.092)	0.062 (0.274)	-0.118 (0.151)
wdirpubpib	0.472** (0.206)	0.524*** (0.189)	0.492* (0.257)	0.375* (0.221)	0.411 (0.300)	0.105 (0.273)
wsubpib	-0.034 (0.152)	0.119 (0.078)	0.148 (0.209)	0.289*** (0.082)	-0.143 (0.177)	-0.019 (0.115)
L.wbindex	-0.465 (0.526)	-0.305 (0.307)	-0.303 (0.468)	-0.172 (0.434)	1.192 (1.428)	0.101 (0.684)
Observations	402	402	402	402	402	402
Estimateur	GMM-BB	LSDVC	GMM-BB	LSDVC	GMM-BB	LSDVC
Time dummies	yes	yes	yes	yes	yes	yes
AR(1) (p-value)	0.011		0.013		0.013	
AR(2) (p-value)	0.810		0.866		0.900	
Hansen (p-value)	1.000		1.000		1.000	

Toutes les statistiques sont robustes à l'hétéroscédasticité

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 8 : Estimations du modèle (5.7)

Les estimations utilisant la matrice spatiale basée sur le commerce bilatéral sont présentées dans les colonnes 1 et 2 du tableau 8. Elles montrent que le niveau de R&D publique des partenaires commerciaux d'un pays influence très positivement l'intensité des dépenses privées de R&D. Cet effet positif est important puisque l'élasticité de court (long) terme est comprise entre 0.472(4.9) et 0.524(6). Ce résultat est d'autant plus intéressant que parallèlement les estimations ne montrent pas d'influence significative du niveau interne de R&D publique. Cela suggère que c'est davantage l'investissement public global (interne et externe) en R&D qui produit des effets externes positifs sur la R&D privée que l'investissement public interne. L'estimateur LSDVC montre également une influence négative du volume de crédits accordés au secteur privé des partenaires

commerciaux. Cela signifie que plus les crédits accordés au secteur privé chez les partenaires commerciaux du pays i sont importants plus l'intensité de la R&D privée dans ce pays sera faible. Cette relation montre une nouvelle fois l'importance des facilités d'accès au financement. Concernant les aides financières à la R&D des partenaires commerciaux, elles ne semblent pas influencer l'investissement privé interne en R&D. Ainsi, les externalités des aides financières à la R&D ne semblent pas significative à cette échelle géographique et ne remettent donc pas en cause l'impact des aides financières internes et notamment celui des incitations fiscales.

Les estimations utilisant la matrice spatiale basée sur la distance géographique sont présentées dans les colonnes 3 et 4 du tableau 8. On peut remarquer qu'à l'image des estimations précédentes, elles montrent un effet positif du niveau d'investissement public en R&D des pays voisins sur l'intensité des dépenses privées de R&D. L'estimateur LSDVC montre également une influence forte des aides directes externes. Plus précisément, il apparaît qu'une augmentation du niveau de soutien direct des pays voisins augmente l'investissement privé interne en R&D. Ainsi, si les mesures internes de soutien direct n'affectent pas l'investissement privé interne en R&D, elles semblent favoriser le développement de la R&D privée dans les pays voisins. Ce résultat est assez surprenant et nous nous garderons de toute interprétation car il peut résulter d'effets très divers.

Les estimations utilisant la matrice spatiale basée sur les collaborations dans les demandes de brevets PCT sont présentées dans les colonnes 5 et 6 du tableau 8. Elles ne font pas ressortir d'influence des conditions extérieures sur l'intensité interne de la R&D privée. Ce résultat assez surprenant a, selon nous, différentes explications. La première est que la proximité technologique influence l'intensité des dépenses privées de R&D par le biais d'autres variables que celle que nous avons retenues. La deuxième est que les collaborations dans les demandes de brevets PCT (qui ne constituent qu'une petite partie des demandes de brevets) ne reflètent pas correctement les interactions technologiques entre pays. La dernière est que la proximité technologique n'est peut-être pas une mesure adéquate pour capter l'influence des conditions extérieures sur l'intensité des dépenses privées de R&D d'un pays.

Pour résumer, les estimations réalisées sur le modèle (4.7) fournissent plusieurs enseignements intéressants sur l'influence des conditions et aides financières extérieures sur l'investissement privé interne en R&D. Le premier est que les aides financières externes ne semblent pas exercer une influence très significative sur l'intensité interne de la R&D privée. En effet, en utilisant trois mesures différentes de la proximité, l'influence des aides indirectes externes n'est jamais

significative et celle des aides directes externes n'est significative (et positive) que lorsque l'on utilise la proximité géographique. Cela tend à confirmer les résultats de la littérature sur la localisation de la R&D qui montrent une importance très secondaire des aides financières dans le choix de la localisation de la R&D (Hall, 2011). D'ailleurs, le fait que le B-index soit significatif mais pas son décalage spatial (quelle que soit la matrice de proximité utilisée) nous laisse penser à une efficacité beaucoup plus forte de ces mesures sur les PME que sur les grandes entreprises. En effet, ce sont prioritairement les grandes firmes qui peuvent modifier la localisation de leurs activités de R&D afin de bénéficier des différentiels de fiscalité. Nos résultats confortent donc l'hypothèse d'une efficacité plus forte des mesures fiscales sur les PME que sur les grandes entreprises (voir Mohnen et Loshkin, 2009). Ces éléments soulignent également la faiblesse de l'argument selon lequel ces outils (et notamment les mesures fiscales) doivent être utilisés pour attirer la R&D privée externe. Et ce d'autant plus que le coefficient estimé du B-index externe est négatif ce qui traduirait (s'il était significatif) une complémentarité internationale entre incitations fiscales à la R&D.

Nos résultats font également ressortir une influence forte du niveau externe de R&D publique ce qui suggère que les effets d'externalités de la R&D publique sur la R&D privée se produisent davantage au niveau global qu'au niveau national. Dans une moindre mesure, les estimations réalisées montrent également l'influence des conditions de financements extérieures sur l'intensité interne de la R&D privée. Ainsi, un pays ayant des conditions de financements plus difficiles que ces voisins et partenaires commerciaux aura un handicap supplémentaire pour doper les investissements privés en R&D.

4.6 Conclusion

Les pays de l'OCDE dépensent un montant considérable de fonds publics pour soutenir financièrement les activités privées de R&D. Un des objectifs de ces mesures est d'inciter les entreprises à augmenter leur investissement en R&D. Dans ce chapitre, nous avons essayé de comprendre l'impact macroéconomique des aides financières directes et indirectes sur l'intensité de la R&D financée par le secteur privé. Pour analyser leur effets internes et externes, nous avons estimé différents modèles empiriques en utilisant un panel couvrant 25 pays de l'OCDE sur la période 1990-2007.

Nos résultats font apparaître une différence nette entre l'impact des aides directes et celui des aides indirectes. Les premières ne semblent pas générer d'effets incitatifs suffisants pour augmenter l'investissement en R&D financé par le secteur privé alors que les secondes ont un impact positif marqué. Cette différence d'impact prend encore plus de sens lorsque l'on s'intéresse à la question de la complémentarité entre ces différents types d'instruments. En effet, comme pour Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), nos résultats montrent que les aides directes sont des substituts aux aides indirectes (et vice versa) pour augmenter l'intensité de la R&D privée. Cela signifie que la mise en place d'une aide directe (indirecte) supplémentaire va augmenter les effets d'aubaines des mesures indirectes (directes) en place et réduire leur efficacité. Ce dernier résultat met en avant la nécessité pour les pouvoirs publics d'avoir une approche globale dans la définition d'un mix de mesures directes et indirectes.

Nous avons également cherché à comprendre dans quelle mesure les conditions économiques extérieures et plus spécifiquement les aides financières externes influencent l'intensité de la R&D privée d'un pays. Nos résultats ne font pas ressortir d'influence très significative des aides financières externes mais font ressortir le rôle fortement positif du niveau de R&D publique des partenaires commerciaux et des pays voisins. Ces résultats soutiennent l'idée que les aides financières à la R&D n'influencent qu'à la marge la localisation des activités de R&D mais sont efficaces pour soutenir la dynamique interne de la R&D privée. Par ailleurs, l'influence positive de la R&D publique externe alors que la R&D publique interne n'a pas d'influence sur l'intensité de la R&D privée suggère que les externalités se produisent davantage à un niveau global que national.

Ainsi, dans un strict objectif d'augmentation de l'intensité de la R&D financée par le secteur privé, nos résultats et ceux de la littérature penchent davantage pour des mesures de soutien indirect. Cependant, comme le montre Mohnen et Lokshin (2009), si les mesures de crédit d'impôt incrémental exercent un effet de levier sur l'investissement privé en R&D, cela ne semble pas être le cas des mesures de crédit d'impôt en volume. De la même façon, l'efficacité des mesures fiscales apparaît beaucoup plus important sur les PME que sur les grandes entreprises. Ces éléments soulignent donc l'importance des options retenues sur l'efficacité des incitations fiscales à la R&D (et plus généralement des aides financières à la R&D). Ils mettent notamment en avant la supériorité des mesures fiscales ciblées qui vont réduire les effets d'aubaines en ciblant davantage les bénéficiaires tout en conservant leur côté "friendly market".

Il semble également que les craintes d'une concurrence fiscale à la R&D ne doivent pas être sur-estimées tant la dynamique des investissements privés en

R&D dans un pays semble interne, c'est-à-dire, peu sensible aux incitations financières. Si la pertinence d'aides financières à la R&D au niveau national semble avéré (car leur effet n'est pas affecté par les aides financières des pays proches), nos résultats sur l'influence de la R&D publique a des implications presque opposées. En effet, le niveau de R&D publique interne ne semble pas générer d'effets positifs sur la R&D privée alors que le niveau de R&D publique externe (celle des pays proches) a un effet fortement positif. Cela souligne donc l'importance de coopérations mondiales dans la R&D publique afin d'optimiser les retombées de cette recherche sur la R&D du secteur privé.

Annexe 1 : Cible d'investissement en R&D dans les pays de l'OCDE

Table C.1 R&D targets and expenditures, selected OECD countries^a
GERD/GDP, per cent

<i>Country/region</i>	<i>R&D intensity in 2005</i>	<i>Target</i>	<i>Target date and characteristics</i>
Austria	2.36	3.00	2010
Belgium	1.82	3.00	2010
Canada	1.98	Top 5 OECD	2010
Cyprus	0.40	1.00	2010
Czech Republic	1.42	2.06	Target of 1% public R&D with estimated 1.06% of private expenditure in 2010
Denmark	2.44	3.00	Target of 1% public R&D in 2010
Estonia	0.94	1.90	2010
Finland	3.48	4.00	2010
France	2.13	3.00	2010
Germany	2.51	3.00	2010
Greece	0.61	1.50	2010
Hungary	0.94	1.80	Increased participation of private sector by 2010
Ireland	1.25	2.50	2013
Italy	1.10	2.50	2010
Korea	2.99	Double spending	2007
Latvia	0.57	1.50	2010
Lithuania	0.76	2.00	2010
Luxembourg	1.56	3.00	2010
Malta	0.61	0.75	2010
Netherlands	1.78	3.00	2010
New Zealand	1.14	..	Target of OECD average (0.68%) for public R&D — no year specified
Norway	1.51	3.00	Target of 1% public and 2% private R&D by 2010
Poland	0.57	1.65	2008
Portugal	0.81	1.80	Target of 1% public R&D and tripling of private R&D by 2010
Slovenia	1.22	3.00	2010
Slovakia	0.51	1.80	2010
Spain	1.12	2.00	2010
Sweden	3.86	4.00	Target of 1% public R&D and unchanged private R&D by 2010
Turkey	0.66	2.00	Target of 1% public R&D and 1% private R&D by 2010
United Kingdom	1.79	2.50	2014

^a Values for Italy, United Kingdom and the Netherlands are for 2004, New Zealand are for 2003, and Turkey are for 2002.

Data sources: Council of the European Union 2006, Eurostat Science and Technology Database 2007, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, (accessed February 2007)), OECD 2004c, 2006c New Zealand Ministry of Research, Science & Technology Budget Speech (May 2006).

Annexe 2 : Le B-index, un indicateur pertinent pour comparer la générosité des systèmes fiscaux

Le B-index est une mesure synthétique de la générosité du système fiscal pour la R&D développée par McFetridge et Warda (1983). Sa simplicité en fait l'indice de référence pour réaliser des comparaisons internationales de systèmes fiscaux. Cet indice renvoie au rendement actualisé minimum avant impôt nécessaire pour qu'un investissement marginal en R&D devienne rentable. Mathématiquement, le B-index est égal au coût après incitations fiscales d'un investissement d'un dollar en R&D divisé par 1 moins le taux d'imposition sur les bénéfices :

$$\text{B-index} = \frac{1 - \tau z}{1 - \tau}$$

où τ est le taux d'imposition sur les bénéfices et z représente la valeur actuelle des dépenses de R&D déductibles. Par conséquent, $(1 - \tau z)$ représente le coût d'un dollar de R&D après taxes et incitations fiscales. Dans une économie sans taux d'imposition ($\tau = 0$), la valeur du B-index est de 1. Une autre situation dans laquelle le B-index vaut 1 est une situation où l'ensemble des dépenses de R&D est totalement déductible dans l'année en cours ($z = 1$) et soumis au même taux d'imposition. En effet, si $\tau = 0.3$ et $z = 1$ alors le B-index est égal à $B = (1 - 0.3)/(1 - 0.3) = 1$. Par conséquent, la valeur du B-index va différer de 1 lorsque les dépenses de R&D ne sont pas entièrement déductibles ($z < 1$), plus que totalement déductibles ($z > 1$) et/ou s'il existe des déductions fiscales et des crédits d'impôts qui réduisent le coût après taxes d'une dépense en R&D. Ainsi plus le traitement fiscal de la R&D d'un pays est favorable plus son B-index est faible.

1. Quelques exemples et implications du B-index

- Déductibilité des dépenses de R&D

Supposons que les dépenses de R&D soient partiellement déductibles dans l'année où elles sont engagées ($z < 1$). Dans ce cas, la valeur actuelle du revenu avant taxe nécessaire pour couvrir le coût d'un dollar de R&D sera supérieur à 1. Par conséquent, le B-index est plus grand que 1 ($B > 1$) et traduit un traitement fiscal de la R&D moins attractif par rapport au cas où la déductibilité est totale (qui représente le benchmark du modèle B-index). Lorsque les déductions admissibles dépassent les dépenses en R&D ($z > 1$) et que ces déductions excédentaires ne sont pas taxables, le B-index est une fonction décroissante du taux d'imposition. Autrement dit, plus le taux d'imposition est faible plus le

B-index est élevé. Ainsi, l'effet marginal sur le B-index d'une déductibilité plus avantageuse décroît avec le taux d'imposition.

- Le crédit d'impôt en volume

Supposons un crédit d'impôt en volume de 10%, une déductibilité totale des dépenses de R&D et un taux d'imposition de 50%. Si le crédit d'impôt n'est pas taxable (il n'est pas déduit des dépenses déductibles), il s'ajoute à la déductibilité totale si bien que le B-index est donné par $B = (1 - 0.5 - 0.1)/(1 - 0.5) = 0.8$. Comme précédemment, le B-index est une fonction décroissante du taux d'imposition. Si en revanche, le montant du crédit d'impôt est déduit du montant des dépenses de R&D déductibles, alors le B-index est égal à $B = (1 - \tau)(1 - 0.1)/(1 - \tau) = 0.9$ quelle que soit le taux d'imposition. Par conséquent, lorsque le crédit d'impôt est non taxable, la baisse du taux d'imposition réduit l'effet marginal de cette mesure sur le B-index alors que lorsque le crédit d'impôt est taxable, la baisse du taux d'imposition n'affecte pas l'effet marginal de la mesure sur le B-index.

La formule généralisée du B-index avec crédit d'impôt en volume est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{B-index} &= \frac{1 - \tau z - cz}{1 - \tau} && \text{cas taxable} \\ \text{B-index} &= \frac{1 - \tau z - cz(1 - \tau)}{1 - \tau} && \text{cas non taxable} \end{aligned}$$

où c représente le taux du crédit d'impôt.

- Le crédit d'impôt incrémental

Les crédits d'impôts ou déductions fiscales basées sur l'augmentation des dépenses de R&D au cours d'une même année réduisent également le B-index. Afin d'obtenir, une mesure générale de l'impact de ces incitations sur le B-index, le modèle suppose que les dépenses de R&D sont constantes dans le temps en termes réel. Sous cette hypothèse, les crédits d'impôts basés sur l'augmentation des dépenses nominales représentent un gain fiscal résultant de l'investissement d'un dollar en R&D l'année t moins la valeur actuelle du gain fiscal perdu sur n années liée à l'investissement en t . Par conséquent, l'effet incitatif de ces mesures est croissant avec la période servant de base (t) et le taux d'actualisation (r). La formule généralisée du B-index avec crédit d'impôt incrémental est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{B-index} &= \frac{1 - \tau z - cz(1/n)(1 - (1 + r) - n)}{1 - \tau} && \text{cas non taxable} \\ \text{B-index} &= \frac{1 - \tau z - cz(1 - \tau)(1/n)(1 - (1 + r) - n)}{1 - \tau} && \text{mesure taxable} \end{aligned}$$

La simplicité du modèle du B-index autorise la différenciation des composantes des dépenses de R&D. De façon générale, on distingue les dépenses courantes des dépenses réalisées pour acquérir des immobilisations en raison de traitement fiscaux différents. L'hypothèse standard²⁸ concernant la répartition des dépenses de R&D est la suivante : 90% sont des dépenses courantes (dont les 2/3 sont constituées des salaires) et les 10% restants sont des immobilisations (la moitié pour les équipements et machines et l'autre moitié pour les bâtiments).

Comme le rappelle Thomson (2009) et Mohnen et Lokshin (2009), le B-index est un multiple du coût d'usage du capital à la Jorgenson (1963) :

$$u_R = P_R(r + \delta)B$$

où P_R est l'indice des prix de l'ensemble des inputs de la R&D (travail, équipements, matériels et bâtiments), r le taux d'intérêt réel, δ le taux de dépréciation du stock de connaissances et B est le B-index. Comme on peut le voir, le B-index représente la composante fiscale du coût d'usage de la R&D. Par conséquent, l'élasticité au B-index peut-être interpréter de façon identique à celle du coût d'usage de la R&D, toute chose égale par ailleurs.

2. les limites du B-index et de son calcul par Thomson (2009)

Une limite importante du B-index est de ne tenir compte que de l'impact des incitations fiscales sur le revenu imposable des entreprises. Ainsi, un nombre important de caractéristiques fiscales d'un pays qui affectent les décisions d'investissement en R&D sont exclues du champ de calcul du B-index. Par exemple, l'impôt sur le revenu, les taxes sur la consommation, les impôts fonciers, les cotisations sociales et les taxes sur le capital sont exclues.

Rappelons que le modèle du B-index mesure la générosité potentielle du système fiscal, c'est-à-dire qu'il suppose une absence d'épuisement fiscal. Cela implique que le modèle ne fait pas de différence entre des dispositions remboursables et non remboursables. De manière similaire, le modèle suppose que les

²⁸Voir McFetridge et Warda (1983), Bloom et al. (2002) ou Thomson (2009).

firmes ont un revenu imposable suffisant pour bénéficier de l'ensemble des incitations fiscales si bien que certains aspects dynamiques de ces mesures comme la rétroactivité ou le report de provisions n'affectent pas la valeur du B-index.

Une autre hypothèse importante du modèle est de ne pas tenir compte des limites des mesures fiscales. Bien évidemment dans la réalité, les mesures fiscales sont très souvent accompagnées de montant plafond (et parfois plancher).

La mesure du B-index utilisée dans ce chapitre est empruntée à Thomson (2009). Il est construit sur les hypothèses standards de McFetridge et Warda (1983) explicitées précédemment. Nous renvoyons le lecteur à l'article de Thomson (2009) pour les détails sur la composition des dépenses de R&D et les formules utilisées pour calculer l'impact des incitations fiscales. Bien évidemment, la mesure n'incorpore aucune autres formes de soutien financier à la R&D (prêts, subventions,...). Les mesures spécifiques concernant les activités de R&D réalisées en collaborations avec les universités ou celles s'appliquant aux petites entreprises ne sont pas incluses tout comme les politiques des autorités locales et régionales. En effet, il n'est pas possible de modéliser l'ensemble de ces mesures dans un index ayant pour objectif des comparaisons internationales.

3. Le METR (Marginal Effective Tax Rate) et sa relation avec le B-index

Face aux limites du B-index, une autre approche est utilisée pour mesurer la générosité d'un système fiscal autour de la notion de Marginal Effective Tax Rate (METR). L'objectif du METR est de fournir un indicateur de la charge fiscale d'un nouvel investissement. Il tient compte à la fois du taux d'imposition légal, des facteurs qui affectent la base fiscale (amortissement, déductibilité des intérêts, incitations fiscales) et des prélèvements qui n'affectent pas les bénéfices comme les taxes sur le capital ou les taxes sur les ventes d'actifs. En plus des paramètres fiscaux, le calcul d'un METR nécessite des hypothèses concernant la structure financière des firmes, le taux de rendement de la dette et des actifs ainsi que le taux d'inflation qui vont permettre de calculer le coût financier du capital. Le METR est aussi sensible aux actifs (équipements, bâtiments,...) utilisés par les entreprises pour mener leurs activités de R&D et leurs règles de dépréciation. Afin de se focaliser sur les différences de régimes fiscaux, ces données sont souvent supposées constantes pour l'ensemble des pays étudiés. Une hypothèse centrale du modèle METR est que les dépenses de R&D sont toujours utilisées pour créer un actif qui est supposé générer des revenus futurs comme n'importe quel investissement dans un capital tangible. Ainsi, l'ensemble des dépenses de R&D est capitalisé et la déductibilité immédiate des dépenses

courantes constitue une aide fiscale qui se traduit par une valeur plus faible du METR.

Ainsi, le modèle METR diffère du modèle du B-index sous trois aspects :

1) Le B-index n'inclut pas les coûts financiers dans le coût d'investissement en R&D

2) Le B-index n'inclut pas les taxes autres que celles liées aux taxes sur le revenu des entreprises

3) Le B-index est calculé en supposant que le système de taxes qui sert de benchmark autorise une déductibilité totale des dépenses de R&D au lieu d'être capitaliser et déprécier comme c'est le cas avec le METR

Si le modèle METR apparaît fournir une mesure plus précise de l'impact des incitations fiscales, il est aussi beaucoup plus coûteux en termes de calcul. De plus, comme le montre le rapport du ministère des finances canadien (2009) qui compare les valeurs du METR et du B-index sur 36 pays (dont 30 appartenant à l'OCDE) :

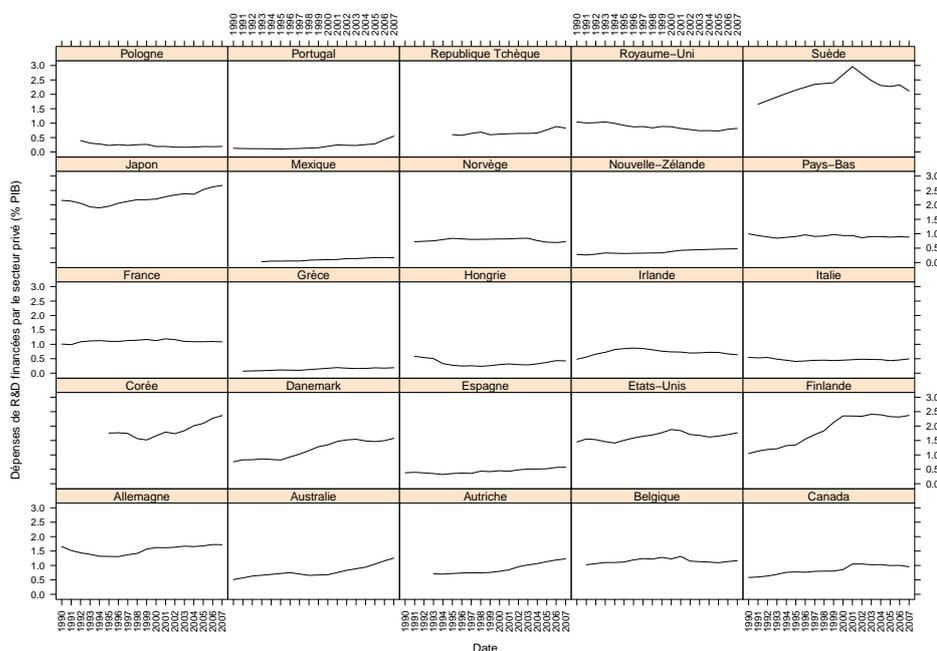
"The B-index, which is the most commonly used indicator for making international comparisons, shows a substantially lower level of tax assistance for R&D largely because the methodology adopts a benchmark tax system in which R&D spending is expensed rather than capitalized as in the METR framework. Nevertheless, using the B-index methodology does not have a large impact on the international rankings of tax assistance for R&D."

Ce résultat n'est pas étonnant puisque comme le montre Warda (2001), le METR est une fonction du B-index

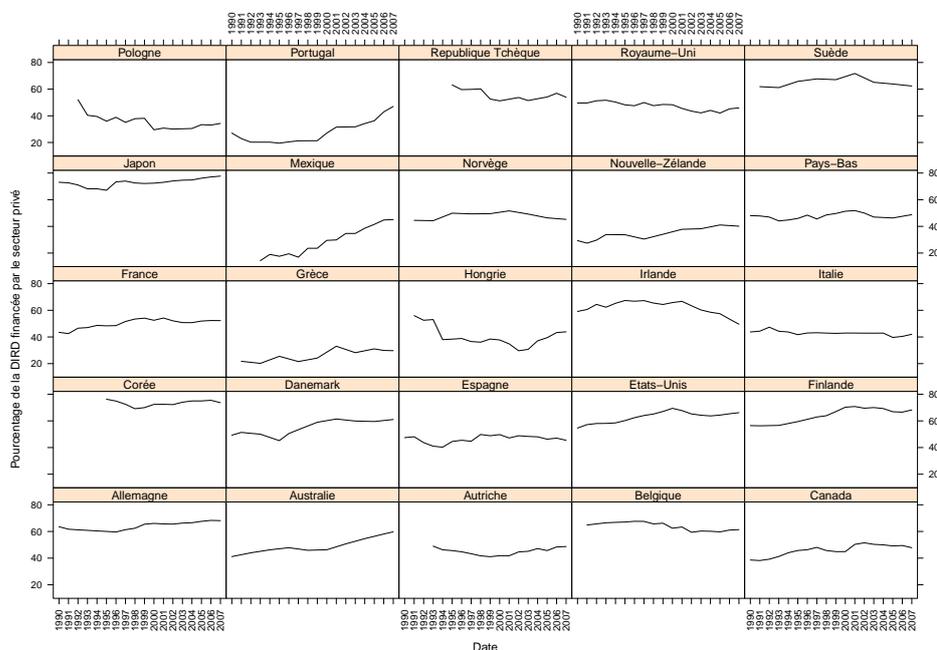
$$\text{METR} = \frac{(r - \rho + d)B - C}{(r - \rho + d)B}$$

où B est le B-index et C représente le taux de rendement réel après taxe d'un investissement en R&D qui est déterminé de manière exogène. La plus grande simplicité du modèle du B-index pour des comparaisons internationales nous a conduit à retenir cet indicateur dans ce chapitre. Les valeurs estimées du B-index sont empruntés à Thomson (2009).

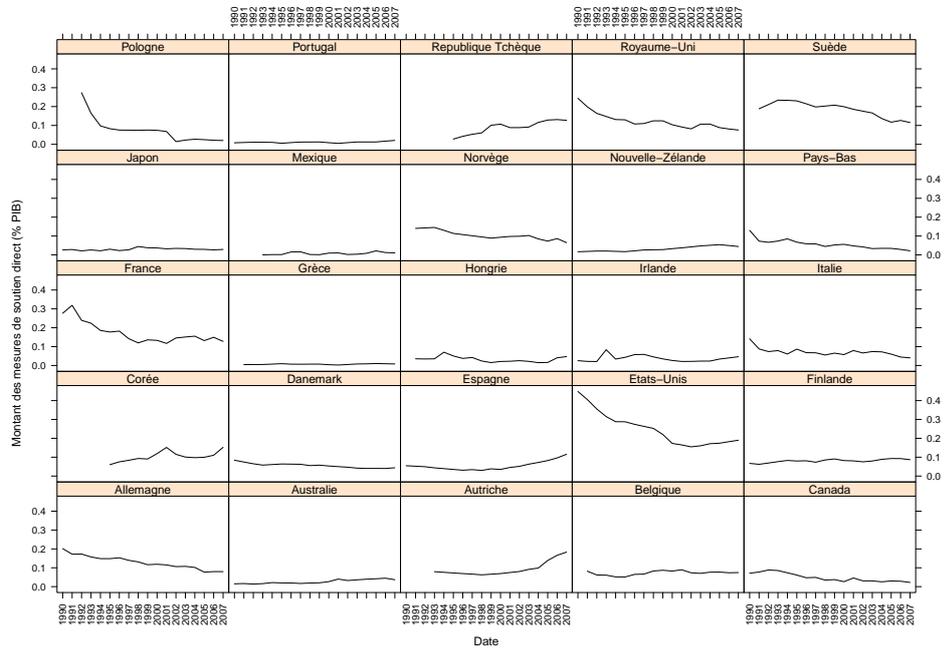
Graphiques



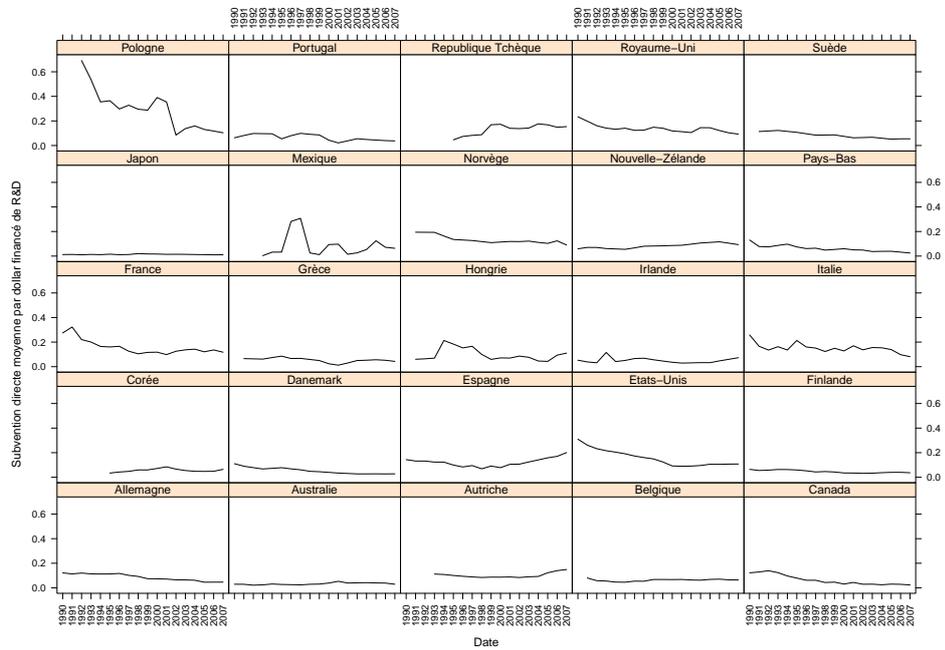
Graphique 1 : Dépenses de R&D financées par le secteur privé (% du PIB)



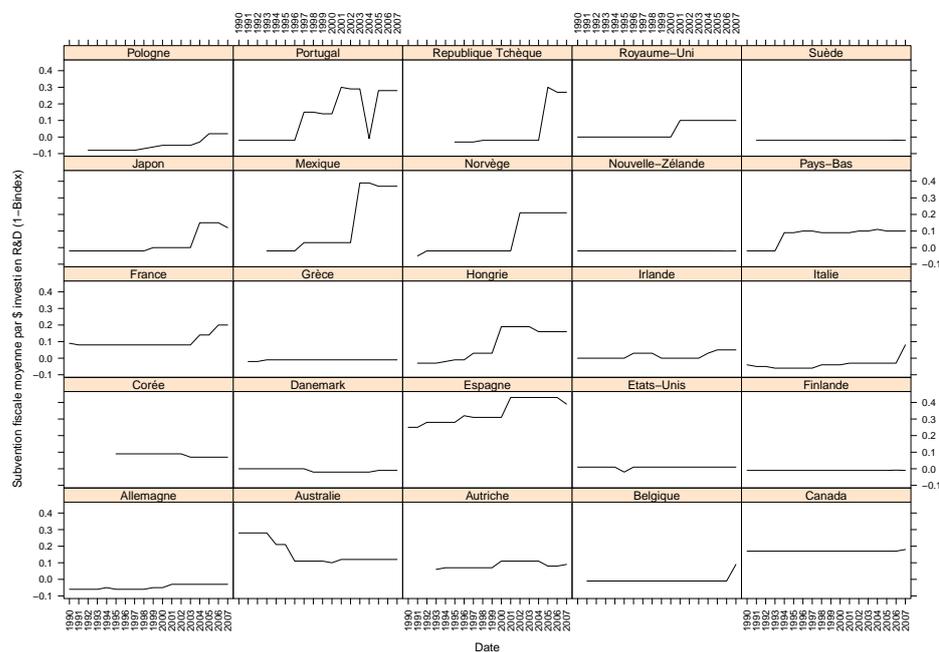
Graphique 2 : Dépenses de R&D financées par le secteur privé (% de la DIRD)



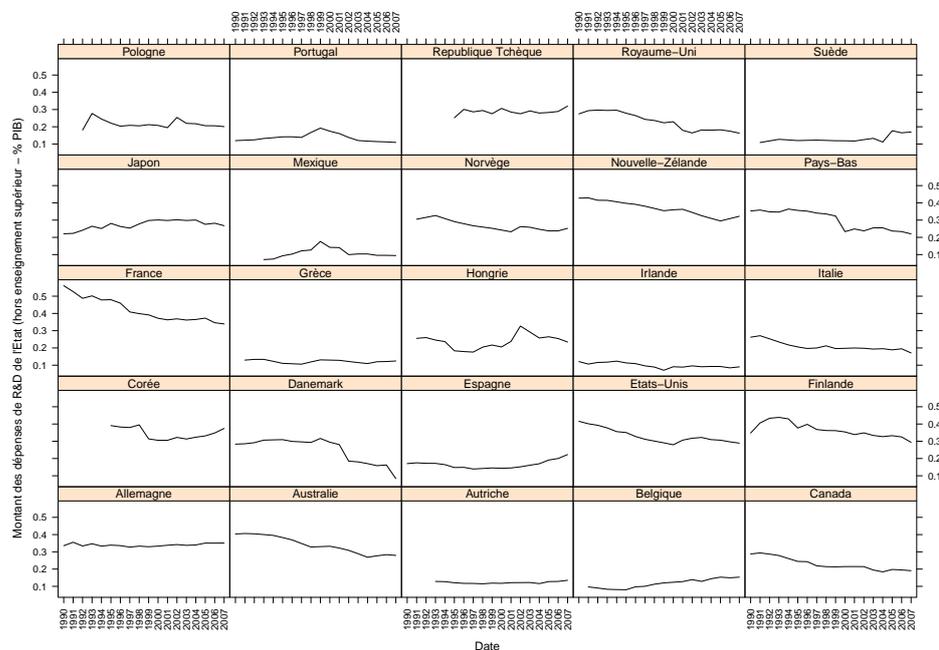
Graphique 3 : Montant des mesures de soutien direct (% du PIB)



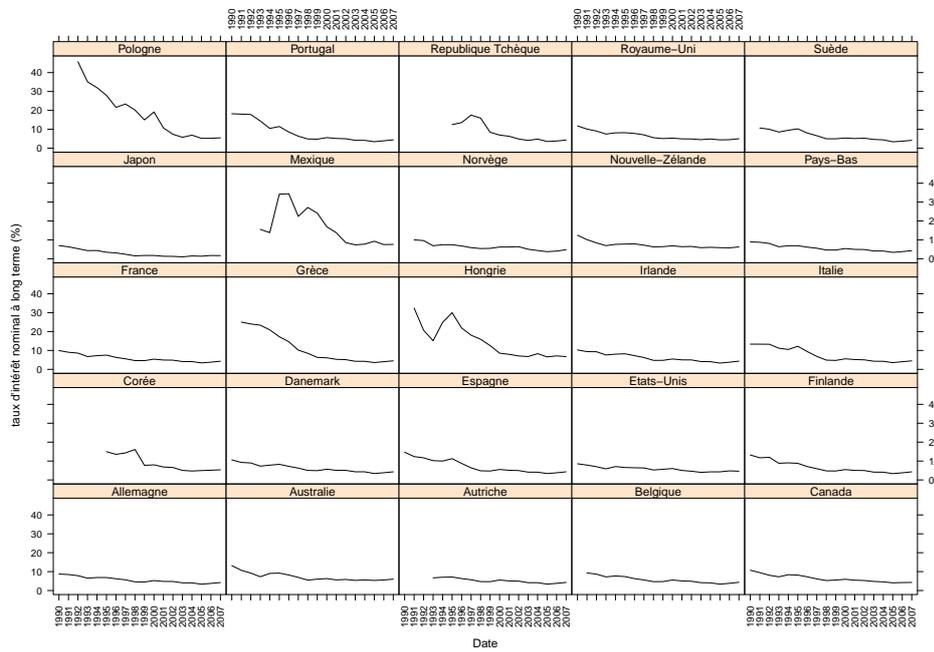
Graphique 4 : Montant des mesures de soutien direct (% de la R&D financée par le secteur privé)



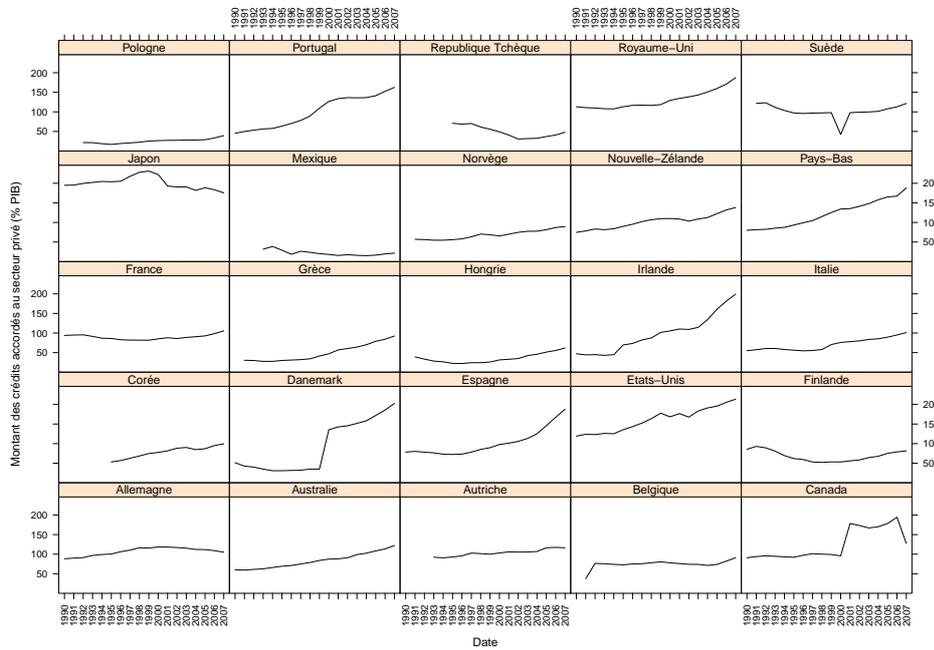
Graphique 5 : Subvention fiscale par \$ investi en R&D (1-Bindex)



Graphique 6 : Dépenses de R&D exécutées par l'Etat (hors enseignement supérieur - en % du PIB)



Graphique 7 : Taux d'intérêt nominal à long terme (en %)



Graphique 8 : Montant des crédits accordés au secteur privé (en % du PIB)

Tableaux

Date	Freq.	Percent	Cum.
1990	15	3.51	3.51
1991	20	4.68	8.20
1992	21	4.92	13.11
1993	23	5.39	18.50
1994	23	5.39	23.89
1995	25	5.85	29.74
1996	25	5.85	35.60
1997	25	5.85	41.45
1998	25	5.85	47.31
1999	25	5.85	53.16
2000	25	5.85	59.02
2001	25	5.85	64.87
2002	25	5.85	70.73
2003	25	5.85	76.58
2004	25	5.85	82.44
2005	25	5.85	88.29
2006	25	5.85	94.15
2007	25	5.85	100.00
Total	427	100.00	

Tableau 1 : Distribution du non cylindrage

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dirdefipib	427	0,95%	0,65%	0,03%	2,96%
dirdpubpib	427	0,24%	0,10%	0,07%	0,56%
subpib	427	0,08%	0,07%	0,00%	0,45%
credit	427	91,89%	47,14%	15,21%	231,08%
interetlt	427	7,74%	5,609%	1,00%	45,75%
bindex	402	0,951	0,107	0,57	1,08

Tableau 2 : Statistiques descriptives

	dirdefipib	subpib	dirdpubpib	credit	interetlt	bindex
dirdefipib	1					
subpib	0.5000	1				
dirdpubpib	0.2802	0.3400	1			
credit	0.4809	0.1622	0.0663	1		
interetlt	-0.4093	-0.1096	-0.0945	-0.5421	1	
bindex	0.1937	0.1733	0.0760	-0.1165	0.1938	1

Tableau 3 : Corrélations entre les variables du modèle

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
L.dirdefipib	0.985*** (0.009)	0.862*** (0.022)	0.819*** (0.186)	0.865*** (0.248)	0.837*** (0.048)	0.886*** (0.018)	0.913*** (0.026)
credit	-0.005 (0.010)	0.022 (0.017)	-0.021 (0.036)	-0.005 (0.037)	0.075* (0.042)	0.074** (0.030)	0.017 (0.016)
interetft	-0.042*** (0.015)	-0.070*** (0.019)	-0.056 (0.037)	-0.109** (0.043)	-0.052* (0.032)	-0.075** (0.033)	-0.068*** (0.022)
dirdpubpib	-0.000 (0.010)	-0.000 (0.028)	-0.097* (0.053)	-0.147** (0.066)	-0.031 (0.041)	-0.007 (0.053)	0.004 (0.029)
subpib	-0.016** (0.006)	0.001 (0.011)	-0.041*** (0.014)	-0.041*** (0.016)	-0.022 (0.022)	-0.021 (0.015)	-0.007 (0.012)
L.bindex	-0.062* (0.034)	-0.118** (0.058)	-0.231*** (0.086)	-0.233*** (0.090)	-0.155*** (0.056)	-0.156** (0.066)	-0.114* (0.062)
Observations	402	402	352	377	377	402	402
R-squared	0.992	0.890					
Estimateur	OLS	LSDV	IV-AH-AD	IV-AH-L	GMM-AB	GMM-BB	LSDVC
Time dummies	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
AR(1) (p-value)					0.020	0.013	
AR(2) (p-value)					0.941	0.957	
Hansen (p-value)			1.000	1.000	1.000	1.000	

Toutes les statistiques sont robustes à l'hétéroscédasticité

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

**Tableau 4 : Estimations préliminaires du modèle
(5) et Tests d'autocorrélation**

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
L.dirdefipib	0.811*** [0.001]	0.811*** [0.002]	0.803*** [0.001]	0.857*** [0.012]	0.851*** [0.007]
C-Stat [p value]	0.020 [0.580]	0.028 [0.580]	0.024 [0.580]	0.019 [0.140]	0.144 [0.008]
interestl	-0.064** [0.841]	-0.051* [0.159]	-0.057** [0.139]	-0.043* [0.140]	-0.049* [0.140]
C-Stat [p value]	0.045 [0.155]	0.048 [0.159]	0.009 [0.139]	0.059 [0.140]	0.019 [0.140]
dirpubpib	0.052 [0.147]	0.051 [0.132]	0.054* [0.139]	0.006 [0.139]	0.008 [0.139]
C-Stat [p value]	-0.035 [0.323]	-0.134* [0.323]	-0.138* [0.323]	-0.145** [0.323]	-0.149** [0.323]
L.bindex					
C-Stat [p value]					
Observations	377	377	377	377	377
Estimateur	IV-2SLS	IV-2SLS	IV-2SLS	IV-2SLS	IV-2SLS
Time dummies	yes	yes	yes	yes	yes
Hansen (p-value)	0.995	0.991	0.9632	0.8282	0.9113
Stock-Yogo	N/A	5-10%	0-5%	0-5%	0-5%
(Biais relatif IV vs MCO)					
RMSE	0.0729	0.0727	0.0728	0.07056	0.07047

Toutes les statistiques sont robustes à l'hétéroscédasticité

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 5 : Tests d'endogénéité des variables explicatives

Notes : Le test d'endogénéité utilisé est basé sur la différence entre deux statistiques de Sargan-Hansen (une où les régresseurs suspects sont traités comme endogène et une où ils sont traités comme exogène). Sous Ho, les instruments sont supposés exogènes. Dans le tableau nous donnons simplement la p-value de ce test (C-stat). Le Test de sur-identification de Hansen mesure la validité des instruments utilisés, c'est-à-dire si les instruments sont non corrélés au terme d'erreur. Sous Ho, les instruments sont valides. Le Test de Stock-Yogo mesure la faiblesse des instruments utilisés, c'est-à-dire, si les instruments sont faiblement corrélés avec les régresseurs endogènes. Il est basé sur une mesure du biais relatif maximum de l'estimation IV par rapport au biais produit par les MCO. Ainsi, pour l'estimation (2), le biais relatif de l'estimation IV est au plus de 10% du biais produit par les MCO. Autrement dit, la méthode IV réduit le biais d'estimation d'un facteur 10 par rapport aux MCO. D'une manière générale, un biais relatif supérieur à 20-30% montre une faiblesse des instruments.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	dirdefipib	dirdefipib	dirdefipib	dirdefipib	dirdefipib	dirdefipib	dirdefipib
L.dirdefipib	0.913*** (0.026)	0.905*** (0.025)	0.913*** (0.025)	0.912*** (0.024)	0.919*** (0.023)	0.904*** (0.025)	0.906*** (0.022)
credit	0.017 (0.016)	0.021 (0.017)	0.016 (0.019)	0.016 (0.018)		0.010 (0.016)	
interetlt	-0.068*** (0.022)	-0.062*** (0.017)	-0.068*** (0.021)	-0.068*** (0.022)		-0.056** (0.023)	
dirdpubpib	0.004 (0.029)	0.006 (0.029)	0.005 (0.025)			-0.005 (0.028)	
subpib	-0.007 (0.012)	-0.005 (0.013)	-0.008 (0.010)	-0.007 (0.013)	-0.013 (0.013)	-0.034** (0.015)	-0.044*** (0.015)
L.bindex	-0.114* (0.062)	-0.106* (0.064)	-0.112* (0.064)	-0.114* (0.067)	-0.156** (0.065)	-0.145** (0.063)	-0.185*** (0.064)
date		-0.003* (0.002)					
interact						0.585*** (0.206)	0.723*** (0.201)
Observations	402	402	385	402	402	402	402
Estimateur	LSDVC	LSDVC	LSDVC	LSDVC	LSDVC	LSDVC	LSDVC
Time dummies	yes	no	yes	yes	yes	yes	yes

Toutes les statistiques sont robustes à l'hétéroscédasticité
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

**Tableau 7 : Tests de robustesse du modèle (5.5)
 et des résultats sur la complémentarité**

Notes : Les colonnes (1) et (6) de ce tableau sont celles retenues et présentées dans le chapitre. Les colonnes (2)-(5) testent la robustesse de l'estimation de la colonne (1). L'estimation de la colonne (3) a été réalisée en éliminant les données relatives aux Etats-Unis. L'estimation (7) teste la robustesse de l'estimation de la colonne (6). Comme nous pouvons le lire sur ce tableau, les estimations retenues dans le chapitre (colonnes 1 et 6) sont robustes à l'élimination de variables explicatives, à l'élimination des variables muettes temporelles ou encore à l'élimination d'un individu du panel.

Conclusion générale

Dans un contexte de faible croissance et de restriction budgétaire, l'innovation est souvent présentée comme une des clés pour doper la compétitivité de l'appareil productif, soutenir la croissance économique et l'emploi à long terme. Cette vision positive de l'innovation est largement soutenue par la littérature économique qui montre une contribution significative du niveau d'investissement en R&D à l'accroissement de la productivité et de la croissance. Dans son ensemble, la littérature économique défend assez largement l'idée que les nombreuses externalités et distorsions générées par les activités de R&D et d'innovation créent un écart important entre le rendement privé et le rendement social de la R&D qui se traduit par un sous-investissement du secteur privé en R&D. Cet élément constitue un argument de poids pour justifier l'existence de diverses aides financières aux entreprises innovantes, comme les subventions où les incitations fiscales, qui ont pour but d'augmenter l'investissement des entreprises en R&D. Cependant, dans une situation budgétaire tendue qui impose des choix en matière d'intervention publique, la multiplication observée des aides financières à l'innovation, à différentes échelles territoriales, et l'apparition dans la littérature d'éléments plus contrastés concernant leur justification, soulignent un besoin accru d'analyse de ces politiques et de leurs conséquences territoriales. L'objet de cette thèse est d'apporter de nouveaux éléments concernant la rationalité, les effets et l'efficacité globale des aides financières à la R&D privée.

Dans le premier chapitre, nous avons investi la question des origines et de l'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D à partir des éléments fournis par la littérature sur la croissance endogène et ses raffinements incluant une dimension géographique. Dans un premier temps, nous avons identifié les différentes sources de défaillances de marché et caractérisé leurs effets sur le comportement d'investissement des firmes en R&D. Ce travail, basé sur l'analyse de cinq défaillances de marché, confirme l'idée de Jones et Williams (2000) selon laquelle il y a au moins autant d'éléments qui laissent penser qu'un sous-investissement des firmes en R&D est possible que l'inverse. Ainsi, contrairement à une idée assez répandue, d'un point de vue purement théorique, la littéra-

ture sur la croissance ne permet pas de montrer l'existence d'un écart net entre rendement privé et rendement social de la R&D. Afin de dépasser ce constat purement théorique, nous avons analysé les résultats fournis par les études proposant une mesure du rendement social de la R&D. Ce travail nous a amené à mettre en évidence d'importantes différences entre les approches économétriques et les approches théoriques basées sur la calibration de modèles de croissance. En effet, alors que les études économétriques mettent en avant un rendement social de la R&D largement supérieur à son rendement privé, les calibrations de modèles théoriques sont beaucoup plus réservées sur l'importance de cet écart. De même, alors que la littérature économétrique impute principalement le sous-investissement des firmes en R&D à la présence d'externalités de connaissances, les approches théoriques - et notamment celle de Jones et Williams (2000) - l'expliquent davantage par le problème d'appropriabilité du surplus généré par l'innovation. Cette différence sur l'origine du sous-investissement des firmes en R&D a des conséquences importantes en termes de politiques publiques. En effet, si l'effet désincitatif des externalités de connaissances peut-être corrigé par des subventions aux firmes innovantes, l'effet désincitatif lié au problème d'appropriabilité du surplus ne peut-être corrigé avec cet instrument et nécessite la mise en place de subventions à la demande de produits innovants. La meilleure prise en compte des diverses défaillances de marché dans les mesures par calibration de modèles théoriques nous conduit à les préférer aux approches économétriques. Par conséquent, ce travail souligne surtout qu'il ne devrait pas y avoir d'automatisme dans la mise en oeuvre d'aides publiques à la R&D et que les pouvoirs publics doivent être particulièrement attentifs aux causes pouvant conduire les firmes à sous-investir en R&D afin de définir les instruments adaptés. De ce point de vue, la sous-utilisation des instruments stimulant la demande de produits et services innovants par rapport aux instruments soutenant l'offre de produits et services innovants pose question.

Les activités économiques sont fortement concentrées spatialement mais cela est encore plus marquée pour les activités de R&D et d'innovation. Une implication directe de cette géographie est une concentration spatiale des facteurs de la croissance. Par conséquent, les politiques de soutien à la R&D peuvent affecter non seulement la croissance globale mais aussi sa répartition spatiale avec des conséquences directes sur les inégalités territoriales. Face à la nécessité de tenir compte de la dimension spatiale des politiques de soutien à la R&D, nous avons proposé dans le chapitre 2 une analyse théorique des effets d'une politique de subvention à la R&D à partir d'une extension du modèle de croissance spatialisée de Martin et Ottaviano (1999). Ce cadre d'analyse à deux pays, qui intègre les faits stylisés concernant les relations entre R&D, innovation et croissance, nous a notamment permis de discuter les résultats mis en avant par Martin (1999)

et Riou (2003) concernant la capacité des aides à la R&D à soutenir la croissance globale tout en réduisant les inégalités territoriales. Nos résultats montrent qu'une politique centralisée de subvention à la R&D a des effets positifs sur la croissance et la réduction des inégalités territoriales. En revanche, cette politique a des effets plus contrastés sur le bien-être. En effet, bien que la politique envisagée permette toujours d'améliorer le bien-être global, cela peut se faire au prix d'effets opposés sur le bien-être de chaque pays. Plus précisément, lorsque la diffusion spatiale des externalités de connaissances entre pays n'est pas assez forte, le pays à haut revenu voit son bien-être diminuer alors que le pays à faible revenu voit le sien augmenter. Nous montrons ainsi qu'une politique centralisée de subvention à la R&D dans une économie composée de deux pays asymétriques est bénéfique aux deux pays si et seulement si les flux de connaissances entre pays sont assez importants. La raison est que l'effet positif de la politique est croissant avec la diffusion spatiale des connaissances. Afin de compléter cette analyse des politiques centralisées de subvention à la R&D, nous avons étudié les implications de différentes options concernant le financement et l'allocation géographique des aides à la R&D entre les deux pays. Nos résultats montrent qu'une différenciation de la politique sur le financement des aides (le régulateur taxe différemment les deux pays) est l'option la plus efficace alors qu'une différenciation de la politique sur l'allocation des aides (le régulateur subventionne différemment la R&D selon le pays) est l'option la moins efficace. La plus grande efficacité d'une politique de subvention à la R&D différenciée sur le financement est liée au fait qu'elle permet au régulateur de contrôler l'impact de la politique sur la géographie économique, ce que ne permettent pas les autres options. Ces derniers résultats fournissent ainsi des éléments de discussion sur les choix de financement et d'allocation des politiques centralisées actuellement mises en oeuvre puisque dans la plupart des cas, la différenciation se fait davantage sur l'allocation des aides que sur leur financement.

Le chapitre 3 approfondit l'analyse menée dans le chapitre précédent en développant un modèle de croissance spatialisée semi-endogène. Ainsi, à la différence du chapitre 2, nous supposons dans ce chapitre que les rendements de la R&D sont décroissants au lieu d'être constants. Cela nous permet de disposer d'un modèle plus flexible et d'intégrer une défaillance de marché supplémentaire, liée à la présence de duplications dans les activités de R&D, qui incite les firmes à sur-investir en R&D. Si ce cadre ne modifie pas les effets d'une politique centralisée de subvention à la R&D sur les inégalités territoriales par rapport aux effets mis en avant dans le chapitre précédent, il modifie clairement l'impact de la politique sur la croissance. En effet, la politique permet de dynamiser la croissance à court terme, en augmentant l'investissement des firmes en R&D, mais n'exerce pas d'effet à long terme. Néanmoins, le surplus de croissance à court

terme va se traduire par une augmentation du nombre de variétés produites à chaque période. Notre résultat le plus intéressant concerne cependant les effets de la politique sur le bien-être qui est relativement contre-intuitif. En effet, en retenant l'hypothèse de rendements décroissants de la R&D et en intégrant une nouvelle défaillance conduisant les firmes à sur-investir en R&D, nous pouvons légitimement nous attendre à des conclusions plus négatives concernant les effets de la politique sur le bien-être par rapport au chapitre précédent. Nos résultats suggèrent clairement que la conclusion inverse est à privilégier puisque les cas où la politique conduit à des effets opposés sur le bien-être de chaque pays supposent des hypothèses très restrictives concernant la valeur des paramètres. Nous montrons que ce résultat contre-intuitif est directement lié à l'hypothèse concernant les rendements de la R&D. En effet, l'utilisation d'un processus de croissance semi-endogène implique un niveau d'externalités de connaissances plus faible (qu'un processus de croissance endogène) si bien que la diffusion de ces externalités joue de fait un rôle plus faible sur l'efficacité de la politique. Ainsi, nous montrons dans ce chapitre, que l'utilité d'une politique de subvention à la R&D est plus forte lorsque l'on suppose des rendements décroissants de la R&D.

L'existence d'un sous-investissement des firmes en R&D constitue une justification théorique des aides publiques à la R&D ; il est cependant nécessaire de vérifier que ces aides publiques produisent pleinement leurs effets incitatifs et qu'elles n'entrent pas en conflit les unes avec les autres. Dans cette perspective, le chapitre 4 propose une analyse empirique de l'effet et de la complémentarité des aides financières à la R&D sur le niveau d'investissement des firmes en R&D. Pour mener cette analyse, nous utilisons un échantillon de 25 pays de l'OCDE sur la période 1990-2007 et nous distinguons les aides directes (subventions et contrats) des aides indirectes (incitations fiscales). Nos résultats montrent un effet nettement différent entre les aides directes, qui n'ont pas d'influence significative sur l'investissement privé en R&D, et les aides indirectes, qui augmentent de façon significative l'investissement privé en R&D. Ainsi, il semble que les incitations fiscales produisent des effets incitatifs plus importants sur le comportement d'investissement des firmes en R&D. En termes de complémentarité, il apparaît que ces deux types d'instruments soient des substituts pour stimuler l'investissement privé en R&D, c'est-à-dire, que la mise en place d'une nouvelle aide directe réduit les effets incitatifs des mesures indirectes en place (et vice-versa). La présence d'effets de substitution entre ces deux types d'instruments, également mis en avant par Guellec et Van Pottelsberghe de la Potterie (2003), montre la nécessité d'avoir une approche globale dans la définition d'un *policy mix*²⁹ pour qu'il permette d'atteindre ses objectifs et notamment l'augmentation de l'investissement privé en R&D. Dans ce dernier chapitre, nous avons

²⁹Combinaison d'aides directes et indirectes.

également étudié la complémentarité externe des aides directes et indirectes à la R&D privée, c'est-à-dire, l'influence des aides extérieures sur l'investissement des firmes en R&D dans un pays. En utilisant différentes matrices de proximité, nos estimations rendent compte d'une relative neutralité des aides financières extérieures, c'est-à-dire, qu'elles n'affectent pas l'effet des aides financières internes. Ce dernier résultat appuie, selon nous, les études rendant compte d'un impact marginal des aides financières à la R&D sur le choix de localisation des activités d'innovation. Par ailleurs, si nous mettons en relation l'absence d'interactions entre les aides financières internes et externes observée au niveau national avec l'étude de Wilson (2009) montrant une inefficacité nationale des aides "locales" à la R&D aux Etats-Unis, nous avons l'intuition que l'échelon national constitue un bon niveau territorial pour implémenter ces politiques.

Cette thèse apporte plusieurs éléments d'analyse et de discussion concernant la rationalité, les effets (dynamique et spatiaux) et l'efficacité des aides publiques à la R&D privée. Bien évidemment, étant donné la complexité de notre objet d'étude et ses enjeux, de nombreuses questions et développements n'ont pu être étudiés dans le cadre de cette thèse et mériteraient que l'on s'y intéresse.

Une première série de raffinements des modèles de croissance spatialisée utilisés serait souhaitable afin de disposer d'un cadre plus réaliste pour analyser l'influence des politiques de soutien à la R&D sur la croissance, les dynamiques de localisation et les inégalités de revenu. Ces raffinements concernent notamment la modélisation du processus d'innovation et la modélisation de l'effet des aides publiques sur les incitations des firmes à investir en R&D. Ainsi, il serait pertinent d'intégrer certaines défaillances de marché liées au processus d'innovation qui ne sont pas intégrées dans la littérature sur la croissance. Nous faisons notamment référence aux problématiques d'aversion au risque des investisseurs concernant le financement de la R&D. Les modèles utilisés dans les chapitres 2 et 3 supposent que les investisseurs sont indifférents entre financer des activités de R&D et placer leur épargne sur un dépôt garanti dès lors que ces deux placements fournissent le même rendement. Si, comme le montre Li (2002), l'utilisation d'une forme déterministe de l'innovation n'est pas un problème puisqu'elle peut être dérivée d'un processus d'innovation stochastique, l'hypothèse que les investisseurs sont indifférents entre investir dans une firme ou sur un dépôt garanti est plus difficilement soutenable. Il serait donc intéressant de modéliser, dans le choix des investisseurs, l'existence d'une aversion au risque entre un investissement dans des titres de propriétés et un placement sur un dépôt garanti.

Concernant la modélisation de l'effet des aides publiques sur les incitations des firmes à investir en R&D, les modèles développés impliquent deux hypothèses

relativement restrictives. La première est que la mise en place de la politique et sa gestion ont un coût nul pour la société, c'est-à-dire que toutes les recettes prélevées par le régulateur sont utilisées pour subventionner les activités de R&D. La seconde est que les subventions versées aux firmes sont entièrement utilisées par ces dernières pour réduire leur coût de production. Bien évidemment, ces deux hypothèses ne sont pas vérifiées dans la réalité puisque, d'une part, la mise en place et la gestion des politiques publiques ont un coût pour la société et, d'autre part, il est possible que les subventions ne soient pas entièrement utilisées pour financer des projets de R&D. Pour tenir compte de ces deux effets, nous pourrions introduire une sorte de courbe de Laffer qui gouvernerait l'effet des subventions sur le coût de production de la R&D. Cela nous permettrait de tenir compte à la fois du coût de gestion de la politique et du fait, qu'à partir d'un certain niveau de subvention, il est possible que les firmes utilisent de moins en moins ces subventions pour financer des activités de R&D.

Dans un contexte de multiplication des aides publiques à la R&D à différents échelons territoriaux, il serait également intéressant d'analyser la mise en place non plus au niveau central, mais dans chaque pays, de politiques de subvention à la R&D. Cela permettrait notamment d'appréhender théoriquement, les implications d'une concurrence en subvention pour attirer les activités de R&D et de vérifier si l'action d'un régulateur central est plus désirable. Bien évidemment, cela n'a pas été traité dans le cadre de cette thèse car les modèles développés sont trop complexes pour modéliser des politiques non coopératives et obtenir un équilibre sous forme analytique. L'une des voies privilégiées de développement de cette thèse est de fournir un modèle de croissance spatialisée plus tractable afin de modéliser des problématiques d'actions publiques territoriales plus larges. Nous pensons que cette simplification pourrait être réalisée en relâchant certaines hypothèses du modèle (comme la parfaite mobilité du capital entre pays) ou en ajoutant de nouvelles hypothèses (par exemple l'introduction d'une dépendance entre le taux de préférence pour le présent et le taux de croissance). D'autres approches peuvent également être envisagées comme un travail plus approfondi en économie publique permettant de définir des règles de décision des régulateurs plus réalistes et simples que celles utilisées dans ce travail.

Les développements possibles de notre travail concernent également son volet empirique. Si nous avons testé la complémentarité entre politiques nationales de soutien à la R&D, il apparaît nécessaire de poursuivre ce travail à un niveau géographique plus fin, par exemple, au niveau des régions françaises. En effet, il est plus probable que les interactions entre les différentes mesures de soutien à la R&D privée soient plus fortes au sein d'un même pays qu'entre pays. C'est

d'ailleurs ce que montre Wilson (2009) qui rend compte d'interactions très fortes entre les mesures de crédits d'impôts mises en oeuvre par les différents Etats américains. Cela nous permettrait notamment de vérifier une des hypothèses que nous formulons dans cette thèse, à savoir que l'échelon national est le niveau géographique le plus adapté en termes d'efficacité des aides financières à la R&D. En utilisant un niveau géographique plus fin, nous pourrions également tester si l'effet de substituabilité entre instruments est toujours présent car les données concernant les aides directes et indirectes à la R&D sont beaucoup plus précises à ce niveau d'analyse.

Toujours dans l'objectif de mieux appréhender les interactions entre politiques nationales de soutien à la R&D privée, il serait pertinent de construire et de tester d'autres mesures de proximité que celles retenues dans cette thèse. Par exemple, nous pourrions construire une matrice de proximité synthétique à partir des différentes matrices utilisées afin de tenir compte simultanément de diverses formes de proximité. Dans le cadre d'une matrice synthétique, nous pourrions également intégrer une dimension plus institutionnelle afin de tenir compte des accords (commerciaux, monétaires,...) existants entre pays. Concernant la proximité géographique, il serait intéressant de limiter spatialement la possibilité d'interactions entre pays en utilisant des matrices de contiguïté ou des k plus proches voisins. Dans le chapitre 4, la matrice que nous avons utilisée modélisait l'existence d'interactions entre tous les pays, même si l'intensité de ces interactions décroissaient avec la distance. Le fait de limiter les possibilités d'interactions aux plus proches voisins permettrait peut-être de faire ressortir plus nettement certains effets. Dans le même esprit, un travail approfondi concernant les mesures de la proximité technologique pourrait permettre de spécifier plus finement les interdépendances technologiques, le proxy utilisé dans cette thèse (co-demande de brevets PCT) ne couvrant que partiellement ces dernières.

Au-delà des problématiques de complémentarité, il serait très intéressant d'investir la question de l'impact de l'instabilité des mesures de soutien à la R&D. En effet, les résultats du chapitre 4 et plus globalement la littérature empirique montrent clairement que la capacité d'ajustement de l'investissement privé en R&D aux changements de l'environnement économique est très limitée (du fait de la forte irréversibilité de ces investissements). Par conséquent, les aides financières à la R&D n'exerceront pleinement leurs effets qu'à long terme sur l'incitation des firmes à investir en R&D. Dès lors, une forte instabilité des mesures de soutien à la R&D devrait logiquement réduire leur efficacité car les firmes ne pourront pas adapter assez rapidement leur choix d'investissement.

Références

- [1] Abel A., Dixit A., Eberly J. & Pindyck R. (1996), "Options, the Value of Capital, and Investment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.111, Issue 3, p.753-777
- [2] Aghion P. & Howitt P. (1992), "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, vol.60, Issue 2, p.323-351
- [3] Akerlof G. (1970), "The Market for "Lemons" : Quality Uncertainty and the Market Mechanism", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.84, Issue 3, p.488-500
- [4] Alcalà F. & Ciccone A. (2004), "Trade and Productivity", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.119, Issue 2, p.612-645
- [5] Alvarez-Pelaez M. & Groth C. (2005), "Too little or too much R&D?", *European Economic Review*, vol. 49, p.437-456
- [6] Anderson T. & Hsiao C. (1982), "Formulation and estimation of dynamic models using panel data", *Journal of Econometrics*, vol.18, p.570-606
- [7] Anthony J. (2005), "Weak scale effects in growth model", Institut für Volkswirtschaftslehre, working paper n°276
- [8] Arellano M. & Bover O. (1995), "Another look at the instrumental variable estimation of error-components models", *Journal of Econometrics*, vol.68, p.29-51
- [9] Arellano M. & Bond S. (1991), "Some Tests of Specification for Panel Data : Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *Review of Economic Studies*, vol.58, p.277-297

- [10] Audretsch D. & Feldman M. (2004), "Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation", in Henderson J. V. and Thisse, J. F. (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics, vol.4 Cities and Geography*, Elsevier, p.2713-2739.
- [11] Audretsch D. & Feldman M. (1996), "R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production", *American Economic Review*, vol.96, p.630-640
- [12] Autant-Bernard C., Fadaïro M. & Massard N. (2012), "Knowledge diffusion and innovation policies within the European regions : Challenges based on recent empirical evidence", à paraître dans *Research Policy*
- [13] Baier S., Dwyer G. & Tamura R. (2006), "How important are capital and total factor productivity for economic growth?", *Economic Inquiry*, vol.44, Issue 1, p.23-49
- [14] Baldwin R. & Martin P. (2004), "Agglomeration and Regional Growth", in Vernon Henderson J. & Thisse J-F. (eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics, vol.4 Cities and Geography*, Elsevier, p.2670-2711
- [15] Baldwin R., Forslid R., Martin P., Ottaviano G. & Robert-Nicoud F. (2003), "Economic Geography and Public Policy", Princeton University Press
- [16] Baldwin R., Martin P. & Ottaviano G. (2001), "Global Income Divergence, Trade, and Industrialization : The Geography of Growth Take-Offs", *Journal of Economic Growth*, vol.6, p.5-37
- [17] Baldwin R. & Forslid R. (2000a), "Trade liberalisation and endogenous growth : A q-theory approach", *Journal of International Economics*, vol.50, p.497-517
- [18] Baldwin R. & Forslid R. (2000b), "The Core-Periphery model and endogenous growth : stabilizing and de-stabilizing integration", *Economica*, vol.67, p.307-324
- [19] Barro R. & Sala-I-Martin X. (1996), "La croissance économique", Ediscience/McGraw-Hill, Collection sciences Economiques
- [20] Becker J. & Fuest C. (2010), "EU regional policy and tax competition", *European Economic Review*, vol.52, p.150-161

- [21] Bérubé C. & Mohnen P. (2009), “Are firms that received R&D subsidies more innovative?”, *Canadian Journal of Economics*, vol.42, Issue 1, p.206-225
- [22] Bloom N., Griffith R. & Van Reenen J. (2002), “Do R&D tax credit works ? Evidence from a panel of countries 1979-1997”, *Journal of Public Economics*, vol.85, p.1-31
- [23] Blundell R. & Bond S. (1998), “Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models”, *Journal of Econometrics*, vol.97, p.115-143
- [24] Bond S. (2002), “Dynamic Panel Data Models : a guide to micro data methods and practice”, *Portuguese Economic Journal*, vol.1, p.141-162
- [25] Bond S., Hoeffler A. & Temple J. (2001), “GMM estimation of Empirical Growth Models”, University of Oxford, Economics Papers n°2001-W21
- [26] Bougheas S., Holger G. & Strobl E. (2001), “Is R&D Financially Constrained ? Theory and Evidence from Irish Manufacturing”, *Review of Industrial Organization*, vol.22, Issue 2, p.159-174
- [27] Bruno G. (2005a), “Estimation and inference in dynamic unbalanced panel-data models with a small number of individuals”, *The Stata Journal*, vol.5, Issue 4, p.473-500
- [28] Bruno G. (2005b), “Approximating the bias of the LSDV estimator for dynamic unbalanced panel data models”, *Economics Letters*, vol.87, p.361-366
- [29] Bun M. & Carre M. (2005), “Bias-corrected estimation in dynamic panel data models”, *Journal of Business and Economic Statistics*, vol.23, Issue 2, p.200-210
- [30] Bun M.J.G. and Kiviet J.F. (2003), “On the diminishing returns of higher order terms in asymptotic expansions of bias”, *Economics Letters*, vol.79, p.145-152
- [31] Canadian Ministry of Finance, “Tax Expenditures and Evaluations 2009”, Department of Finance
- [32] Cameron G. (1998), “Innovation and Growth : a survey of the empirical evidence”, Nuffield College, Oxford

- [33] Capron H. & Van Pottelsberghe de la Potterie B. (1997), “Public Support to Business R&D : A survey and some new quantitative evidence”, in *Policy Evaluation in Innovation and Technology*, OECD
- [34] Carvalho A. (2011), “Why are tax incentives increasingly used to promote private R&D?”, Universidade de Evora, CEFAGE-UE Working Paper 2011/04
- [35] Cette G., Kocoglu Y. & Mairesse J. (2005), “Un siècle de productivité globale des facteurs en France”, *Bulletin de la Banque de France*, n°139
- [36] Charlot S., Gaigné C., Robert-Nicoud F. & Thisse J-F. (2006), “Agglomeration and welfare : The core-periphery model in the light of Bentham, Kaldor and Rawls”, *Journal of Public Economics*, vol.90, p.325-347
- [37] Chu A. (2009), “A politico-economic analysis of the European Union’s R&D policy”, *Journal of Macroeconomics*, vol.31, p.582-590
- [38] Ciccone A. (2002), “Agglomeration effects in Europe”, *European Economic Review*, vol.46, p.213-227
- [39] Combes P-P, Mayer T. & Thisse J-F. (2006), “Economie Géographique : L’intégration des régions et des nations”, *Economica*
- [40] Comin, D. (2004), “R&D : A Small Contribution to productivity Growth”, *Journal of Economic Growth*, vol.9, p.391-421
- [41] Corchuelo B. & Martinez-Ros E. (2009), “The Effects of Fiscal Incentives for R&D in Spain”, Université de Madrid, Business Economic Series 02, Working Paper 09-23
- [42] Czarnitski D., Hanel P. & Rosa J. (2011), “Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation : A microeconomic study on Canadian Firms”, *Research Policy*, vol.40, p.217-229
- [43] Czarnitzki D. & Toole A. (2011), “Patent Protection, Market Uncertainty, and R&D investment”, *Review of Economics and Statistics*, vol.93, Issue 1, p.147-159
- [44] Dakhli S., Menezes F. & Temimi A. (2004), “A note on duplication of R&D and R&D subsidies”, *Economics Bulletin*, vol.12, Issue 7, p.1-5

- [45] Dasgupta P. & Stiglitz J. (1980), “Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity”, *The Economic Journal*, vol.90, Issue 358, p.266-293
- [46] D’Aspremont C. & Jacquemin A. (1988), “Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers”, *American Economic Review*, vol.78, Issue 5, p.1133-1137
- [47] David P., Hall B. & Toole A. (2000), “Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence”, *Research Policy*, vol.29, p.497-529
- [48] David P. & Hall B. (2000), “Heart of darkness : modeling public-private funding interactions inside the R&D black box”, *Research Policy*, vol.29, p.1165-1183
- [49] Dinopoulos E. & Thompson P. (1998), “Schumpeterian Growth without Scale Effects”, *Journal of Economic Growth*, vol.3, p.313-335
- [50] Dixit A. & Pindyck R. (1994), “Investment Under Uncertainty”, Princeton University Press
- [51] Englmann F.C. & U. Walz (1995), “Industrial centers and regional growth in the presence of local inputs”, *Journal of Regional Science*, vol.35, p.3-27
- [52] Falk M. (2006), “What drives business Research and Development (R&D) intensity across Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries?”, *Applied Economics*, vol.38, p.533-547
- [53] Fazzari S., Hubbard G. & Petersen B. (1988), “Financing Constraints and Corporate Investment”, *Brookings Papers on Economic Activity*, vol.1, p.141-205
- [54] Feldman M. (2000), “Location and Innovation : The New Economic Geography of Innovation, Spillovers, and Agglomeration” In Clark G., Feldman M. & Gertler M. (eds), *The Oxford handbook of economic geography*, Oxford University Press, p.373-394
- [55] Fölster S. & Trofimov G. (1996), “Do Subsidies to R&D Actually Stimulate R&D Investment?”, mimeo, The Industrial Institute of Economic and Social Research.

- [56] Fujita M. & Thisse J.F. (2003), “Does geographical agglomeration foster economic growth ? And who gains and loses from it ?”, *Japanese Economic Review*, vol.54, p.121-145.
- [57] Fujita M. & Thisse J-F. (2002), “On the Relationship between Agglomeration and Growth”, in Fujita M. & Thisse J-F. (eds), *Economics of agglomeration : cities, industrial location and regional growth*, Cambridge University Press, p.388-452
- [58] Galor O.& Moav O. (2002), “Natural Slection and the Origin of Economic Growth”, *The Quaterly Journal of Economics*, vol.117, p.1133-1191
- [59] Garcia-Quevedo J. (2004), “Do Public Subsidies Complement Business R&D ? A Meta-Analysis of the Econometric Evidence”, *KYKLOS*, vol.57, p.87-102
- [60] Goel R. & Ram R. (2001), “Irreversibility of R&D investment and the adverse effect of uncertainty : Evidence from the OECD countries”, *Economics Letters*, vol.71, p.287-291
- [61] Goel R. & Ram R. (1999), “Variations in the effect of uncertainty on different types of investment : an empirical investigation”, *Australian Economic Papers*, vol.38, p.481-492
- [62] Goolsbee A. (1998), “Does government R&D policy mainly benefit scientists and engineers ?”, National Bureau Of Economic Research, Working Paper n°6532
- [63] Görg H. & Strobl E. (2007), “The Effect of R&D Subsidies on private R&D”, *Economica*, vol.74, p.215-234
- [64] Griliches Z. (1992), “The Search for R&D Spillovers”, *The Scandinavian Journal of Economics*, vol.94, p.29-47
- [65] Griliches Z. (1979), “Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth”, *Bell Journal of Economics*, p.92-116
- [66] Griliches Z. & Lichtenberg F. (1984), “Interindustry Technology Flows and Productivity Growth : A Reexamination”, *Review of Economics and Statistics*, vol.66, p.324-329

- [67] Grossman G. & Helpman E. (1991), "Innovation and Growth in the Global Economy", MIT Press, Cambridge CA
- [68] Guellec D. & Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2003), "The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D", *Economics of Innovation and New Technology*, vol.12, p.225-243
- [69] Guellec D. & Van Pottelsberghe de la Potterie B. (2001), "R&D and Productivity Growth : panel data analysis of 16 OECD countries", *OECD Economic Studies*, n°33, p.103-126
- [70] Gustafsson P. & Segerstrom P. (2010), "Trade Liberalization and Productivity Growth", *Review of International Economics*, vol.18, Issue 2, p. 207-228
- [71] Haaland J. & Kind H. (2006), "Cooperative and Non-Cooperative R&D Policy in an Economic Union", *Review of World Economics* vol. 142, Issue 4, p.720-745
- [72] Hall B. (2011), "The internationalization of R&D", UNU-MERIT, Working Paper n°49
- [73] Hall B. (2002), "The Financing of Research and Development", *Oxford Review of Economic Policy*, vol.18, Issue 1, p.35-51
- [74] Hall B., Mairesse J. & Mohnen P. (2010), "Measuring returns to R&D", UNU-MERIT, working paper n°006
- [75] Hall B. & Lerner J. (2010), "The Financing of R&D and Innovation", in Hall B. & Rosenberg N. (eds.), *Handbook of the Economics of Innovation vol.1*, Elsevier-North Holland, p.609-639
- [76] Hall B. & Van Reenen J. (2000), "How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence", *Research Policy*, vol.29, p.449-469
- [77] Harhoff D. (1998), "Are There Financing Constraints for R&D and Investment in German Manufacturing Firms?", *Annales d'Economie et de Statistique*, vol.49/50, p.421-456
- [78] Himmelberg C. & Peterson B. (1994), "R&D and Internal Finance : A Panel Study of Small Firms in High-Tech Industries", *Review of Economics and Statistics*, vol. 76, p.38-51

- [79] Hines, J. R., Jr. (1994), “No Place Like Home : Tax Incentives and the Location of R&D by American Multinationals”, *Tax Policy and the Economy*, vol.8, p.65-104
- [80] Hines, J. R., Jr. (1993), “On the Sensitivity of R&D to Delicate Tax Changes : The Behavior of U.S. Multinationals in the 1980s”, In A. Giovannini, R. G. Hubbard and J. Slemrod (eds.), *Studies in International Taxation*, University of Chicago Press, p.149-194
- [81] Jensen M. & Meckling W. (1976), “Theory of the Firm : Managerial Behavior, Agency Costs, and Ownership Structure”, *Journal of Financial Economics*, vol.3, p.305-360
- [82] Judson R. & Owen A. (1999), “Estimating dynamic panel data models : a guide for macroeconomists”, *Economics Letters*, vol.65, p.9-15
- [83] Jones C. (2005), “Growth and Ideas” in Aghion P. & Durlauf S. (eds.), *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, p.1063-1111
- [84] Jones C. (1999), “Growth : With or Without Scale Effects”, *American Economic Review*, vol.89, p.139-144
- [85] Jones C. (1995a), “Time Series Tests of Endogenous Growth Models”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol.110, 495-525
- [86] Jones C. (1995b), “R&D-Based Models of Economic Growth”, *Journal of Political Economy*, vol.103, Issue 4, p.759-784
- [87] Jones C. & Williams J. (2000), “Too Much of a Good Thing ? The Economics of Investment in R&D”, *Journal of Economic Growth*, vol.5, Issue 1, p.65-85
- [88] Jones C. & Williams J. (1998), “Measuring the social return to R&D”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol.113, Issue 4, p.1119-1135
- [89] Kiviet, J.F. (1999), “Expectation of Expansions for Estimators in a Dynamic Panel Data Model : Some Results for Weakly Exogenous Regressors”, in C. Hsiao, K. Lahiri, L-F Lee and M.H. Pesaran (eds.), *Analysis of Panel Data and Limited Dependent Variables*, Cambridge University Press, p.199-225

- [90] Kiviet J.F. (1995), "On bias, inconsistency, and efficiency of various estimators in dynamic panel data model", *Journal of Econometrics*, vol.68, p.53-78
- [91] Kortum S. (1997), "Research, Patenting, and Technological Change", *Econometrica*, vol.65, p.1389-1419
- [92] Krugman P. (1991), "Increasing Returns and Economic Geography", *Journal of Political Economy*, vol.99, p.483-499
- [93] Krugman P. & Venables A. (1995), "Globalization and the Inequality of Nations", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.100, Issue 4, p.857-880
- [94] Kumar K. (2003), "Education and Technology Adoption in a Small Open Economy : Theory and Evidence", *Macroeconomic Dynamics*, vol.7, p.586-617
- [95] Lai T., Small D. & Liu J. (2008), "Statistical Inference in dynamic panel data models", *Journal of statistical planning and inference*, vol.138, Issue 9, p.2763-2776
- [96] Lejour A.M. & Verbon H. (1997), "Tax Competition and Redistribution in a Two-Country Endogenous-Growth model", *International Tax and Public Finance*, vol.4, p.485-497
- [97] Lentile D. & Mairesse J. (2009), "A policy to boost R&D : Does the R&D tax credit work ?", *EIB PAPERS*, vol.14, p.143-169
- [98] Levy D. (1990), "Estimating the Impact of Government R&D", *Economics Letters*, vol.32, Issue 2, p.169-173
- [99] Levy D. & Terleckyj N. (1983), "Effects of Government R&D on Private R&D Investment and Productivity : A Macroeconomic Analysis", *Bell Journal of Economics*, vol.14, Issue 4, p.551-561
- [100] Li C-W. (2002), "Stochastic Variety Innovation in a Growth Model", Working Paper
- [101] Lichtenberg F.R. (1988), "The private R&D investment response to federal design and technical competitions", *American Economic Review*, vol.78, p.550-559

- [102] Lichtenberg F.R. (1987), "The Effect of Government Funding on Private Industrial Reserach and Development : A Re-assessment", *Journal of Industrial Economics*, vol.36, p.97-104
- [103] Lucas R. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, vol.22, p.3-42
- [104] Madsen J. (2008), "Semi-endogenous versus Schumpeterian Growth Models : Testing the Knowledge Production Function Using International Data", *Journal of Economic Growth*, vol.13, p.1-23
- [105] Martin P. (1999), "Public policies, regional inequalities and growth", *Journal of Public Economics*, vol.73, p.85-105
- [106] Martin P. (1998), "Can Regional Policies Affect Growth and Geography in Europe?", *The World Economy*, vol.21, Issue 6, p.757-774
- [107] Martin P. & Dupont V. (2006), "Subsidies to poor regions and inequalities : some unpleasant arithmetic", *Journal of Economic Geography*, vol.2, p.223-240
- [108] Martin P. & Ottaviano G. (2001), "Growth and Agglomeration", *International Economic Review*, vol.42, Issue 4, p.947-968
- [109] Martin P. & Ottaviano G. (1999), "Growing locations : Industry Location in a Model of Endogenous Growth", *European Economic Review*, vol.43, p.281-302
- [110] Martin P. & Ottaviano G. (1996), "Growth and Agglomeration", Document de travail n°96-14, CEPII
- [111] Martin S. & Scott J. (1998), "Market Failures and the Design of Innovation Policy", report prepared for the Working Group on Technology and Innovation Policy, Division of Science and Technology, OECD
- [112] McFetridge, D.G & Warda J. (1983), "Canadian Tax incentive : Their Adequacy and Impact", Canadian Tax Foundation, Canadian Tax Paper n°70
- [113] Mehra R. (2003), "The Equity Premium : Why Is It a Puzzle?", *Financial Analysts Journal*, vol.59, Issue 1, p.54-69

- [114] Minniti A. & Parello C.P (2011), "Trade integration and regional disparity in a model of scale-invariant growth", *Regional Science and Urban Economics*, vol.41, p.20-31
- [115] Mohnen P. & Lokshin B. (2009), "What does it take for an R&D tax incentive policy to be effective?", working paper for the CEPR project "Science, Innovation, Firms and markets in a Globalized World (SCI-FI GLOW)"
- [116] Montmartin B. (2012), "Centralized R&D subsidy policy in an NEGG model : A welfare analysis", à paraître dans Louvain Economic Review
- [117] Musgrave, R. (1959), "The Theory of Public Finance", New York, Mc Graw Hill
- [118] Nadiri, I. M. (1993), "Innovations and Technological Spillovers", National Bureau of Economic Research, Working Paper n°4423
- [119] Nadiri, I. M. (1980), "Contributions and Determinants of Research and Development Expenditures in the US Manufacturing Industries", in G. Von Furstenberg (ed.), *Capital, Efficiency and Growth*, Ballinger Publishing Company, Cambridge, p.361-392
- [120] Nickell, S.J., (1981), "Biases in Dynamic Models with Fixed Effects", *Econometrica*, vol.49, p.1417-1426
- [121] Oates W. (2005), "Toward a Second-Generation Theory of Fiscal Federalism", *International Tax and Public Finance*, vol.12, p.349-373
- [122] Oates W. (1972), "Fiscal federalism", New York, Harcourt, Brace, Jovanovitch
- [123] OECD (2006), "Science, Technology and Industry Outlook 2006", p.242
- [124] Park W.G. (1998), "A theoretical model of government research and growth", *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol.34, p.69-85
- [125] Pindyck R. (1991), "Irreversibility, uncertainty, and Investment", *Journal of Economic Literature*, vol.29, p.1110-1148

- [126] Rebelo S. (1991), “Long-Run Policy Analysis and Long-run Growth”, *Journal of Political economy*, vol.3, issue 3, p.500-521
- [127] Reis A. & Sequeira T. (2007), “Human Capital and Overinvestment in R&D”, *Scandinavian Journal of Economics*, vol.109, Issue 3, p.573-591
- [128] Riou S. (2003), “How growth and location are sensitive to transport and telecommunications infrastructures”, *Recherches Economiques de Louvain*, vol.69, p.241-265
- [129] Rogers C. & Martin P. (1995), “Industrial location and public infrastructure”, *Journal of International Economics*, vol.39, p.333-351
- [130] Roodman D. (2009), “How to do xtabond2 : An introduction to difference and system GMM in Stata”, *The Stata Journal*, vol.9, Issue 1, p.86-136
- [131] Romer P. (1990), “Endogenous Technological Change”, *The Journal of Political Economy*, vol.98, Issue 5, p.71-102
- [132] Saunoris J. & Payne J. (2011), “An Empirical Note on R&D Growth Models with Regional Implications”, *The Journal of Regional Analysis and Policy*, vol.41, p.16-21
- [133] Scherer F. (1982), “Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth”, *Review of Economics and Statistics*, vol.64, p.627-634
- [134] Sena V. (2004), “Total factor productivity and the spillovers hypothesis : Some new evidence”, *International Journal of Production Economics*, vol.92, p.31-42
- [135] Segerstrom P. (1998), “Endogenous Growth Without Scale Effects”, *American Economic Review*, vol.88, p.1290-1310
- [136] Shin T. (2006), “Behavioural Additionality of Public R&D Funding in Korea”, in OECD, *Government R&D Funding and Company Behaviour : Measuring Behavioural Additionality*, chap.9, p.167-180
- [137] Solow R. (1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”, *The Quarterly Journal of Economics*, vol.70, Issue 1, p.65-94

- [138] Sorensen A. (2006), “R&D Subsidies and the Surplus Appropriability Problem”, *The B.E. Journals in Macroeconomics*, Topics in Macroeconomics, vol.6, Issue 2, p.1346-1366
- [139] Steger T. (2005), “Welfare Implications of Non-Scale R&D-based Growth Models”, *Scandinavian Journal of Economics*, vol.107, Issue 4, p.737-757
- [140] Stockey N. (1995), “R&D and Economic Growth”, *Review of Economic Studies*, vol.62, p.469-489
- [141] Tamura R. (2006), “Human Capital and Economic Development”, *Journal of Development Economics*, vol.79, p.26-72
- [142] Temple J. (2003), “The long-run implications of growth theories”, *Journal of Economic Surveys*, vol.17, Issue 3, p.497-510
- [143] Thursby, J. G. & Thursby M. (2006), “Here or There? A Survey of Factors in Multinational R&D Location”, Report to the Government/University/Industry Research Roundtable, Kauffman Foundation Large Research Projects Research, Washington
- [144] Thomson R. (2009), “Tax Policy and the Globalisation of R&D”, Australian National University, Working Paper n°3
- [145] Tiebout C.M. (1956), “A Pure Theory of Local Expenditures”, *Journal of Political Economy*, vol.64, p.416-424
- [146] Toivanen, O. & Niinen, P. (1998), “Investment, R&D, subsidies and credit constraints”, Department of Economics MIT and Helsinki School of Economics, Working Paper
- [147] Van Pottelsberghe de la Potterie B., Nysten S. & Megally E. (2003), “Evaluation of current fiscal incentives for business R&D in Belgium”, Solvay Business School, ULB, Working paper
- [148] Wallsten, S.J. (2000), “The effects of government-industry R&D programs on private R&D : the case of Small Business Innovation Research program”, *RAND Journal of Economics*, vol.31, Issue 1, p.82-100
- [149] Walz U. (1999), “Dynamics of Regional Integration”, Physica-Verlag Edition, New York

- [150] Walz U. (1996), "Transport costs, intermediate goods and localized growth", *Regional Science and Urban Economics*, vol.26, p.671-695
- [151] Warda J. (2006), "Tax treatment of business investments in intellectual assets : an international comparison", DSTI OECD , STI Working Paper n°4
- [152] Warda J. (2005), "Measuring the Value of R&D Tax Provisions : A Primer on the B-index for Analysis and Comparisons", Paper prepared for The OMC Working Group on "Design and evaluation of fiscal measures to promote business research, development and innovation"
- [153] Warda J. (2001), "Measuring the Value of R&D Tax Treatment in OECD Countries" in OECD STI Review n°27 : *Special Issue on New Science and Technology Indicators*, p.185-211
- [154] Wilson D. (2009), "Beggar thy neighbor? The in-state, out-of-state, and aggregate effects of R&D tax credits", *The Review of Economics and Statistics*, vol.91, Issue 2, p.431-436
- [155] Wolff G. & Reinthaler V. (2008), "The effectiveness of subsidies revisited : Accounting for wage and employment effects in business R&D", *Research Policy*, vol.37, p.1403-1412
- [156] Young A. (1998), "Growth Without Scale Effects", *Journal of Political Economy*, vol.106, p.41-63
- [157] Zachariadis M. (2004), "R&D-induced Growth in the OECD?", *Review of Development Economics*, vol.8, Issue 3, p.423-439